

4



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 195 19 511 A 1

21 Aktenzeichen: 195 19 511.6
22 Anmeldetag: 31. 5. 95
43 Offenlegungstag: 7. 12. 95

51 Int. Cl. 8:
F 28 D 9/00
F 28 F 3/02
F 28 F 9/02
F 28 F 13/12
F 24 F 5/00
// F 24 F 3/147, 12/00

DE 195 19 511 A 1

30 Innere Priorität: 32 33 31
31.05.94 DE 44 18 952.4

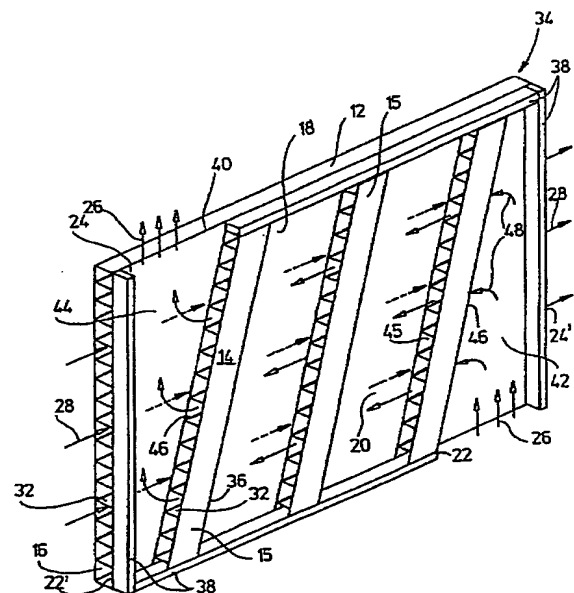
71 Anmelder:
Tjiok, Mouw-Ching, 71032 Böblingen, DE

74 Vertreter:
E. Wolf und Kollegen, 70193 Stuttgart

72 Erfinder:
gleich Anmelder

54 Wärmeaustauscher

57 Die Erfindung betrifft einen nach dem Gegenstromprinzip durchströmbaren Wärmeaustauscher (10) für zwei gasförmige Medien unterschiedlicher Temperatur. Der Wärmeaustauscher weist stapelförmig im Abstand voneinander angeordnete Hohlplatten (12) auf, die mit ihren Breitseitenwänden (18) Wärmeübertragungsflächen bilden und von zueinander parallelen Strömungskanälen (16) des einen Mediums durchsetzt werden, während im Bereich zwischen den Hohlplatten (12) Gegenstromkanäle (20) des anderen Mediums verlaufen. Zur Strömungsumlenkung der getrennt voneinander an verschiedenen Stirnseiten des Hohlplattenstapels (30) zu- und abgeführten Medienströme sind Umlenkklammern (42, 44) vorgesehen, die an gegenüberliegenden Seiten der Hohlplatten angeordnet sind. Die Hohlplatten (12) sind als extrudierte oder stranggepresste Hohlprofilplatten aus Kunststoff oder Metall ausgebildet, die eine Vielzahl von die Strömungskanäle (16) begrenzenden, zueinander parallelen Trennstegen (32) aufweisen.



DE 195 19 511 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 10. 95 508 049/621

23/32

Die Erfindung betrifft einen Wärmeaustauscher für zwei oder mehrere, vorzugsweise gasförmige Medien unterschiedlicher Temperatur, mit zwei durch Wärmeübertragungsflächen voneinander getrennten, von den beiden Medien über jeweilige Ein- und Auslaßöffnungen nach dem Gegenstromprinzip durchströmbar Gruppen von Strömungskanälen, mehreren im Abstand voneinander stapelförmig angeordneten, mit ihren Breitseitenwänden die Wärmeübertragungsflächen bildenden, von zueinander parallelen Strömungskanälen des einen Mediums durchsetzten Hohlplatten, zwischen den Hohlplatten verlaufenden Gegenstromkanälen des anderen Mediums und zwei an gegenüberliegenden Seiten des Hohlplattenstapels angeordneten, randseitig offenen und an Mündungsöffnungen in die Strömungskanäle oder Gegenstromkanäle mündenden Gruppen von plattenweise voneinander getrennten Umlenkkanälen, die über die Mündungsöffnungen von einem der Medien unter Strömungsumlenkung durchströmbar sind. Die Erfindung betrifft ferner verschiedene Verwendungsarten des Wärmeaustauschers.

Wärmeaustauscher der genannten Art gehören seit langem zum Stand der Technik. Sie ermöglichen die gezielte Wärmeübertragung in Richtung eines Temperaturgefälles zwischen zwei oder mehr fluiden Stoff- bzw. Medienströmen und dienen insbesondere der Rückgewinnung von Abwärme. Die Wärmeübertragung erfolgt bei sogenannten Rekuperatoren indirekt infolge Wärmedurchgangs durch eine feste Trennwand, entlang derer die Medien stoffdicht voneinander getrennt in entgegengesetzter Richtung strömen. Aufgrund der Gegenstromführung nähert sich die Austrittstemperatur des wärmeabgebenden der Eintrittstemperatur des wärmeaufnehmenden Mediums. Für den hierbei durch die Trennwand hindurch auftretenden Wärmetransport gilt näherungsweise

$$Q = k A \Delta T_m \quad (1)$$

mit k als Wärmedurchgangskoeffizient, A als gesamte von den Medien berührte Übertragungsfläche und ΔT_m als mittlere Temperaturdifferenz zwischen den Medien. Die beim Wärmedurchgang maßgeblichen Prozesse spiegeln sich im k -Wert wieder, der vom Wärmeübergang zwischen dem strömendem Medium und der Trennwand auf beiden Seiten derselben sowie von der Wärmeleitung in der Trennwand abhängt. Der in der Wärmeübertragungsleistung erzielte Wirkungsgrad, d. h. das Verhältnis der rückgewonnenen Energie zur maximal rückgewinnbaren Energie, kann vereinfacht durch die Rückwärmzahl bzw. den Temperatur-Wirkungsgrad

$$\eta = (T_2 - T_1)/(T_3 - T_1) \quad (2)$$

dargestellt werden, wobei T_1 und T_2 die Ein- und Austrittstemperaturen des kälteren und T_3 die Eintrittstemperatur des wärmeren Mediums bedeuten. Beim Gegenstrom sind die bei gegebener Temperaturdifferenz erzielbaren Wirkungsgrade am größten im Vergleich zu denjenigen bei anderer Strömungsführung wie Gleichstrom, Kreuzstrom oder Kreuzgegenstrom. In der Praxis werden mit Gegenstrom-Wärmeaustauschern Wirkungsgrade von 70 bis 95% erzielt, während Kreuzstrom-Wärmeaustauscher einen deutlich geringeren, im Bereich von 50 bis 70 % liegenden Wirkungsgrad errei-

chen. Gegenstrom-Wärmeaustauscher weisen jedoch allgemein eine komplizierte Bauform auf. Die gebräuchlichsten Gegenstrom-Wärmeaustauscher bestehen als sogenannte Rohrbündelaustauscher aus einem Mantel und einem darin durch einen Rohrboden gehaltenen Rohrbündel sowie Stützen für die Zu- und Abführung des rohrraum- und mantelraumseitigen Fluids. Derartige Konstruktionen weisen einen hohen Raumbedarf auf, sind aufwendig in der Herstellung und bereiten Schwierigkeiten in der Massenproduktion. Sie kommen daher insbesondere für den Einsatz in klimatechnischen Anlagen, wo neben dem Wirkungsgrad auch der Anschaffungspreis und die Baugröße wichtige Bewertungsfaktoren sind, kaum in Frage.

Kompakte Bauarten bei vergleichsweise billiger Wärmeaustauschfläche lassen sich durch sogenannte Plattenaustauscher erreichen. Bei diesen ist es an sich bekannt, dünne, gerillte oder gewellte Platten stapelförmig anzuordnen und das wärmere und kältere Medium alternierend durch die zwischen den Platten ausgebildeten Zwischenräume zu führen. Um die stoffliche Trennung der wärmetauschenden Medien ein- und austrittseitig zu ermöglichen, werden bei Plattenaustauschern die Randöffnungen der Zwischenräume medianweise getrennt an jeweils zwei gegenüberliegenden Stirnseiten verschlossen und die externen Kanalzüge an den jeweils verbleibenden offenen Stirnseiten angeschlossen. Zwangsläufig ergibt sich bei diesem Anschlußprinzip eine Kreuzstromführung, mit dem erwähnten Nachteil eines geringeren Wirkungsgrads.

Bei einem Wärmeaustauscher der eingangs genannten Art (DE-A-27 06 253) wird der eine Medienstrom U- bzw. Z-förmig unter Verwendung von trapez- bzw. raute-förmigen Zwischenlagen geführt, während der andere Medienstrom durch plattenförmige Hohlkörper mit geradlinigen, parallelen Strömungskanälen geführt wird. Die die Gegenstromkanäle bildenden Zwischenlagen werden dabei durch parallel zueinander angeordnete Stege begrenzt, die die verfügbare Wärmeübertragungsfläche reduzieren. Der bekannte Wärmeaustauscher besteht aus keramischen Werkstoffen, die vor allem für Hochtemperaturanwendungen bestimmt sind. Ein Einsatz für die Raumklimatisierung, insbesondere unter Verwendung von Verdunstungskühlern, ist dort nicht vorgesehen und wegen des relativ kleinen Wärmedurchgangskoeffizienten auch nicht sinnvoll.

Ausgehend hiervon liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, einen Wärmeaustauscher der eingangs angegebenen Art zu entwickeln, der bei hohem, auf der Gegenstromführung basierendem Wirkungsgrad eine wirtschaftliche Herstellung ermöglicht und eine kompakte Bauform bei großer Wärmeübertragungsfläche aufweist und neue Anwendungsmöglichkeiten eröffnet.

Zur Lösung dieser Aufgabe werden die in den Ansprüchen 1, 12 und 18 angegebenen Merkmalskombinationen vorgeschlagen. Vorteilhafte Ausgestaltungen, Weiterbildungen und Verwendungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

Die Erfindung geht von dem Gedanken aus, daß eine effektive und gleichförmige Wärmeübertragung dadurch erreicht werden kann, daß die Hohlplatten dünnwandige Breitseitenwände und zwischen den Breitseitenwänden angeordnete parallele Trennstege aufweisen, die eine Vielzahl zueinander paralleler stirnseitig offener Strömungskanäle begrenzen. Um eine wirtschaftliche Herstellung derartiger Hohlplatten zu gewährleisten, wird gemäß einer ersten Erfindungsalternative vorgeschlagen, daß die Hohlplatten als extrudier-

te oder stranggepreßte Hohlprofilplatten aus Kunststoff oder Metall ausgebildet sind, die eine Vielzahl von die Strömungskanäle begrenzenden, zwischen ihren Breitseitenwänden eingeformten, zueinander parallelen Trennstegen aufweisen. Mit diesen Maßnahmen wird eine Massenproduktion bei geringen Kosten möglich. Die Profilformen der Hohlprofilplatten, insbesondere die Dicke der Seitenwände, die Profilform der Trennstege und der Kanäle und deren Länge kann den jeweiligen Anforderungen entsprechend einfach und optimal angepaßt werden. Abhängig vom Anwendungs- und Temperaturbereich des Wärmeaustauschers können die Hohlprofilplatten aus Kunststoffen der Gruppe Polypropylen, Polyethylen, Polyvinylchlorid, Polystyren, ABS extrudiert oder aus Metallen der Gruppe Aluminium, Aluminiumlegierungen stranggepreßt werden. Bei Verwendung dieser Materialien ist es möglich, äußerst dünnwandige und dennoch formstabile Hohlprofilplatten herzustellen, wobei insbesondere guten Wärmeübertragungseigenschaften, geringem Gewicht und durch Materialersparnis verbundenen geringen Kosten Rechnung getragen werden kann.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung kann ein Zweistromsystem auf besonders einfache Weise durch zwischen den Hohlplatten angeordnete Abstandshalter realisiert werden, welche die Gegenstromkanäle zumindest abschnittsweise begrenzen. Die Abstandshalter können als streifenförmige Abschnitte aus demselben Hohlprofilmaterial wie die zur Begrenzung der Strömungskanäle vorgesehenen Hohlprofilplatten bestehen, die in gleichen Abständen parallel zueinander an den Hohlprofilplatten angeordnet sind und deren Trennstege parallel zu den Trennstegen der Hohlprofilplatten verlaufen. Dadurch wird eine ausreichende Formstabilität gewährleistet, während gleichzeitig die Dicke der Wärmeübertragungsflächen zwischen den Medien im wesentlichen auf die Wandstärke der Breitseitenwände der Hohlprofilplatten beschränkt bleibt. Dadurch wird der Wärmedurchgangskoeffizient k (Gleichung 1) und die Wärmeübertragungsleistung erhöht.

Vorteilhafterweise erstrecken sich die streifenförmigen Hohlprofilplattenabschnitte mit ihren quer oder schräg zu ihren Trennstegen verlaufenden Längskanten über die gesamte Höhe bzw. Breite der Hohlprofilplatten und begrenzen die Umlenkammern an der Mündungsseite zu den Gegenstromkanälen hin. Dadurch wird der durch die Umlenkammern hindurchgeführte Medienstrom in einzelne Stromfäden aufgeteilt, und in gleichförmiger Weise den zwischen den Hohlprofilplatten ausgebildeten Gegenstromkanälen zugeführt bzw. aus diesen wieder abgeführt. Die Hohlprofilplattenabschnitte dienen zugleich als Stromstörelemente, die die laminare Grenzschicht der Medienströmung zerstören und dadurch den Wärmeaustausch verbessern.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, daß die Abstandshalter aus wellenförmig profilierten Platten aus Kunststoff oder Metall bestehen, die zusammen mit den benachbarten Breitseitenwänden der Hohlprofilplatten eine Vielzahl von parallel zu den Trennstegen der Hohlprofilplatten verlaufenden Strömungskanälen begrenzen. Abweichend hiervon können die Abstandshalter auch aus mehreren in Strömungsrichtung im Abstand voneinander zwischen den einander zugewandten Breitseitenwänden der Hohlprofilplatten angeordneten, wellenförmig profilierten Plattenstreifen bestehen, die zusammen mit den benachbarten Breitseitenwänden im wesentlichen parallel zu den

Trennstegen der Hohlprofilplatten verlaufende Kanalabschnitte bilden. Die wellenförmig profilierten Plattenstreifen erstrecken sich dabei zweckmäßig mit ihren quer oder schräg zu den Kanalabschnitten verlaufenden Längskanten über die gesamte Höhe bzw. Breite der Hohlprofilplatten und begrenzen die Umlenkammern an der Mündungsseite zu den Gegenstromkanälen hin.

Weiter ist es möglich, daß die Abstandshalter aus an den Platten angeformten, parallel zu den Strömungskanälen verlaufenden Leitrippen bestehen. Die Leitrippen können mit gleichem Längsversatz zueinander über die Breite der Hohlplatten im Abstand voneinander angeordnet sein und mit ihren Stirnseiten die Mündungsöffnungen der Umlenkammern begrenzen.

Entsprechend einer zweiten Erfindungsalternative sind die Hohlplatten jeweils aus einer ebenen Basisplatte und einer ein Zickzack- oder Wellenprofil aufweisenden, breitseitig an zueinander parallelen Kontaktlinien mit der Basisplatte unter Bildung der Strömungskanäle oder Gegenstromkanäle verbundenen Profilplatte gebildet. Vorzugsweise sind die Basisplatte und die Profilplatte als einstückiges Extrusions- oder Strangpreßteil aus Kunststoff oder Metall ausgebildet. Es ist aber auch möglich, die Basisplatte und die Profilplatte als getrennte Formteile aus Kunststoff oder Metall auszubilden, die an ihren Kontaktlinien miteinander verklebt oder verschweißt sind. Zur Abdichtung entlang der Randkanten einer Hohlplatte ist die vorzugsweise rechteckige Basisplatte an ihren Seitenrändern vorzugsweise zur Seite der Profilplatte hin um etwa 90° abgebogen, wobei die abgebogenen Ränder der Basisplatte eine der maximalen Profiltiefe der Profilplatte entsprechende Breite aufweisen und im Bereich der Ein- und Auslaßöffnungen unterbrochen sein können.

Gemäß einer dritten Erfindungsalternative sind die Hohlplatten jeweils aus einer ebenen Basisplatte und einer Vielzahl von über eine Breitseitenfläche der Basisplatte überstehenden, unter seitlicher Begrenzung der Strömungs- oder Gegenstromkanäle parallel zueinander verlaufenden Leitrippen gebildet, die einstückig mit der Basisplatte verbunden sein können. Vorteilhafterweise sind die Basisplatte und die Leitrippen als einstückiges Extrusions- oder Strangpreßteil aus Kunststoff oder Metall ausgebildet.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung sind die Umlenkammern gruppenweise über jeweils eine Ein- oder Auslaßöffnung zu entgegengesetzten, parallel zu den Strömungskanälen verlaufenden Stirnseiten des Plattenstapels hin randseitig offen und unter rechtwinkliger Umlenkung der Medienströmung durchströmbar. Dadurch ist es möglich, die Medien bei plattenweise getrennten Strömungsfäden zu verschiedenen Stirnseiten des Plattenstapels zu führen, an denen externe Leitungen, insbesondere Kanalschächte lufttechnischer Anlagen auf einfache Weise getrennt voneinander anschließbar sind. Durch die Umlenkung der Medienströme können zudem die Strömungs- bzw. Gegenstromkanäle in ihrer Länge unabhängig von den Querschnitten der Ein- und Auslaßöffnungen vorgegeben werden.

Vorteilhafterweise sind die Umlenkammern im Umriss keilförmig ausgebildet und erstrecken sich mit zwei an die Ein- bzw. Auslaßöffnung angrenzenden, einen spitzen Winkel einschließenden schmalseitigen Begrenzungsflächen über die gesamte Breite der Hohlplatten. Durch die Keilform wird eine gleichmäßige Mengenstromverteilung bzw. ein gleichbleibender Druckabfall über sämtliche Mündungsöffnungen und damit eine

gleichförmige Wärmeübertragung in sämtlichen Kanälen erreicht. Damit werden insbesondere ungleichmäßige Temperaturprofile, wie sie bei bekannten Platten-austauschern aufgrund der Kreuzstromführung über den Strömungsquerschnitt auftreten, vermieden.

Vorteilhafterweise münden die Umlenkammern an einer ihrer schmalseitigen Begrenzungsflächen in die Mündungsöffnungen der Strömungskanäle oder Gegenstromkanäle und sind an ihrer anderen schmalseitigen Begrenzungsfläche durch eine Stirnwand gasdicht verschlossen. Dadurch wird auf besonders einfache Weise eine Umlenkung der Medienströmung erreicht, ohne daß weitere Vorkehrungen wie beispielsweise die Anbringung von Leitblechen erforderlich sind.

Um die beiden Medien an jeweils gegenüberliegenden Stirnseiten des Plattenstapels zu- und wieder abzuführen, können die Gegenstromkanäle ein- und ausströmseitig in jeweils eine der beiden Gruppen von Umlenkammern münden und die Strömungskanäle an Ein- und Auslaßöffnungen auf gegenüberliegenden Stirnseiten des Hohlplattenstapels enden oder umgekehrt. Alternativ dazu können die Medien über jeweils aneinander angrenzende Stirnseiten des Plattenstapels zu- und wieder abgeführt werden, wenn die Strömungskanäle eingangsseitig und die Gegenstromkanäle ausgangsseitig mit einer der Gruppen von Umlenkammern verbunden sind, oder umgekehrt.

Eine weitere bevorzugte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, daß die Strömungskanäle und die Gegenstromkanäle eingangsseitig und ausgangsseitig mit einer der Gruppen von Umlenkammern verbunden sind und daß die Ein- und Auslaßöffnungen der sandwichartig übereinandergestapelten Hohlplatten an beiden Stapelenden abwechselnd nach entgegengesetzten Längsseiten der Hohlplatten weisen. Dadurch erhält man je zwei zueinander parallel ausgerichtete Einlaßöffnungen und Auslaßöffnungen für die beiden Medienströme.

Eine vorteilhafte Abwandlung dieser Bauweise sieht vor, daß die Strömungskanäle eingangsseitig und ausgangsseitig mit einer der Gruppen von Umlenkammern verbunden sind, daß die Gegenstromkanäle nur ein- oder ausgangsseitig mit einer der Gruppen von Umlenkammern verbunden sind und daß die Einlaß- und Auslaßöffnungen der sandwichartig übereinandergestapelten Hohlplatten an einem Stapelende abwechselnd nach entgegengesetzten Längsseiten der Hohlplatten weisen.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung sind in den Strömungskanälen und/oder Gegenstromkanälen angeordnete Strömungshindernisse zur Erzeugung einer turbulenten Strömung angeordnet. Dadurch wird der Wärmeaustausch zwischen den Medien weiter verbessert.

Für den Einsatz in Verdunstungskühlern ist es von Vorteil, wenn die Strömungskanäle und die Gegenstromkanäle eines Hohlprofilplattenpaares oder -stapels im Bereich ihrer einen, einander zugewandten Mündungsöffnungen unter Bildung einer geschlossenen Strömungsumkehrkammer miteinander kommunizieren. In der Strömungsumkehrkammer können Wassersprühdüsen sowie ein von dem Medium durchströmbarer Wasserspeicher angeordnet werden, wobei der Wasserspeicher aus einem textilen Fasergewebe oder Faservlies bestehen kann.

Eine bevorzugte Verwendung des erfindungsgemäßen Wärmeaustauschers sieht dessen Einsatz in klimatechnischen Anlagen zur Erwärmung oder Abkühlung

eines zugeführten Außenluftstroms unter Ausnutzung des Wärmehalts eines Abluftstroms vor. Bei solchen Anwendungen werden keine extremen Anforderungen an die Druck- und Temperaturfestigkeit des Wärmeaustauschermaterials gestellt, während der geringe Anschaffungspreis, der geringe Raumbedarf bei großer Wärmeaustauscherfläche und der hohe Wirkungsgrad des erfindungsgemäßen Wärmeaustauschers wichtige Bewertungskriterien sind.

Im folgenden wird die Erfindung anhand der in der Zeichnung in schematischer Weise dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht eines über seine Stirnseiten nach dem Gegenstromprinzip durchström-baren Wärmeaustauschers;

Fig. 2 das Querschnittsprofil einer Hohlprofilplatte des Wärmeaustauschers gemäß Fig. 1;

Fig. 3 eine vergrößerte perspektivische Ansicht einer aus einer Hohlprofilplatte und Abstandshaltern bestehenden Austauschereinheit des Wärmeaustauschers nach Fig. 1;

Fig. 3a bis 6 alternative Ausführungsformen einer Austauschereinheit in der Darstellung gemäß Fig. 3;

Fig. 7 ein Schema einer Anordnung des Wärmeaustauschers in einer klimatechnischen Anlage;

Fig. 8 eine perspektivische Ansicht einer aus einer Hohlprofilplatte, Abstandshaltern sowie einer Strömungsumkehrkammer bestehenden Kühleereinheit eines Verdunstungskühlers;

Fig. 9 eine schematische Schnittdarstellung durch einen nach dem Gegenstromprinzip durchström-baren Verdunstungskühler;

Fig. 10 eine schematische Darstellung einer klimatechnischen Anlage zur Kühlung eines Gebäuderaums, bestehend aus einem Wärmeaustauscher gemäß Fig. 1 und einem Verdunstungskühler gemäß Fig. 9;

Fig. 11a bis c drei weitere alternative Ausführungsformen von Hohlplatten zur Herstellung einer Austauschereinheit in perspektivischer Darstellung;

Fig. 12 die Hohlplatte nach Fig. 11a in einer perspektivischen Explosionsdarstellung;

Fig. 13 eine perspektivische Ansicht eines über seine Längsseiten nach dem Gegenstromprinzip durchström-baren Wärmeaustauschers;

Fig. 14a und b zwei komplementäre Austauschereinheiten des Wärmeaustauschers nach Fig. 1 in vergrößerter perspektivischer Darstellung;

Fig. 14c einen Schnitt entlang der Schnittlinie C-C der Fig. 14b;

Fig. 15 eine Draufsicht auf einen Wärmeaustauscher entsprechend Fig. 13 mit zwei Gebläsen;

Fig. 16 eine Draufsicht auf den Wärmeaustauscher nach Fig. 15 mit durch einen Motor angetriebenen Gebläsen;

Fig. 17 eine Draufsicht auf einen gegenüber Fig. 15 und 16 abgewandelten Wärmeaustauscher.

Der in Fig. 1 dargestellte Wärmeaustauscher 10 besteht im wesentlichen aus einer Vielzahl von in alternierender Folge stapelförmig angeordneten, im Umriss rechteckigen Hohlprofilplatten 12 und Abstandshaltern 14, wobei die Hohlprofilplatten 12 von Strömungskanälen 16 eines Mediums registerartig durchsetzt werden und mit ihren als Wärmeübertragungsflächen dienenden Breitseitenwänden 18 mit zwischen den aufeinanderfolgenden Platten 12 angeordneten Gegenstromkanälen 20 eines anderen Mediums in thermischem Kontakt stehen. Die wärmetauschenden Medien sind über stirnseitige Ein- und Auslaßöffnungen 22, 22', 24, 24' des

Plattenstapels 30 in zwei getrennten Strömen 26, 28 zu- und wieder abführbar und werden dabei innerhalb des Plattenstapels 30 nach dem Gegenstromprinzip an den Wärmeübertragungsflächen entlangeleitet.

Die einzelnen Hohlprofilplatten 12 weisen ein langgestreckt schmales Rechteckprofil mit dünnwandigen, parallelen Breitseitenwänden 18 und quer zwischen den Breitseitenwänden 18 verlaufenden, in gleichen Abständen voneinander angeordneten Trennstegen 32 auf. Die durch die Breitseitenwände 18 und Trennstege 32 quadratisch begrenzten Strömungskanäle 16 durchsetzen somit in zueinander paralleler, geradliniger Anordnung die Hohlprofilplatte 12 und münden an deren Stirnseiten in einer Ein- und Auslaßöffnung 22', 24'.

Jeweils eine Hohlprofilplatte 12 und die an einer ihrer Breitseitenwände 18 angeordneten Abstandshalter 14 bilden zusammen eine Bau- und Funktionseinheit des Wärmeaustauschers 10. Solche Austauschereinheiten 34, die in frei vorgegebbarer Anzahl aneinandergefügt bzw. gestapelt werden können, sind von den Medien über die Strömungskanäle 16 und den ein- und austrittsseitig von den Abstandshaltern 14 begrenzten Gegenstromkanal 20 in entgegengesetzten Strömungsrichtungen durchströmbar. Sie lassen sich unter Beibehaltung des Gegenstromprinzips in verschiedenen Ausführungsformen realisieren, von denen nachfolgend einige beschrieben werden.

Bei dem in Fig. 3 dargestellten Ausführungsbeispiel bestehen die Abstandshalter 14 aus langgestreckten, parallelogrammförmigen Hohlprofilplattenabschnitten bzw. Plattenstreifen 15, deren Längskanten 36 schräg zu den Trennstegen 32 verlaufen. Die Plattenstreifen 15 sind an der Breitseitenwand 18 der Hohlprofilplatte 12 durch geeignete Verbindungsmittel befestigt, beispielsweise angeschweißt oder geklebt. Sie sind dabei in gleichem Abstand voneinander entlang der Platte 12 angeordnet und erstrecken sich mit ihren Längskanten 36 über im wesentlichen die gesamte Plattenhöhe, d. h., die vertikale Erstreckung der Hohlprofilplatte 12 in der dargestellten Anordnung. Die Trennstege 32 in den Plattenstreifen 15 verlaufen parallel zu den Trennstegen 32 in der Hohlprofilplatte 12. An der Breitseitenwand 18 der Hohlprofilplatte 12 sind zusätzlich zu den Abstandshaltern 14 entlang der Randkanten verlaufende Abdichtmittel vorgesehen, die in dem gezeigten Ausführungsbeispiel als stabförmig-flache Stirnwandelemente 38 ausgebildet sind. Die Stirnwandelemente 38 dienen zur randseitigen Abdichtung des durch einander zugewandte Breitseitenwandflächen aufeinanderfolgender Austauscherelemente 34 begrenzten Zwischenraums. Grundsätzlich sind auch aushärtbare Verbindungsmittel bzw. Vergußmassen geeignet, als Abdichtmittel den Zwischenraum randseitig gasdicht zu versiegeln und die angrenzenden Hohlprofilplatten 12 starr miteinander zu verbinden. Die an den horizontalen, parallel zu den Strömungskanälen 16 verlaufenden Stirnseitenkanten 40 der Hohlprofilplatten 12 angeordneten Stirnwandelemente 38 verlaufen von diagonal gegenüberliegenden Ecken der Hohlprofilplatte 12 bis zur jeweils entferntesten Längskante 36 der Plattenstreifen 15 und geben so jeweils eine Ein- oder Auslaßöffnung 22, 24 für eines der Medien frei.

Neben ihrer Funktion als Abstandshalter dienen die Hohlprofilplattenstreifen 14 auch zur Strömungsführung einer über die Ein- und Auslaßöffnung 22, 24 durch den Zwischenraum hindurchgeleiteten Medienströmung 26 (die in Fig. 3 durch Pfeile mit offenen Pfeilspitzen veranschaulicht ist). In dieser Hinsicht sind vor al-

lem die beiden äußeren Plattenstreifen 15 von Bedeutung, die einen in seiner Grundfläche parallelogrammförmigen Raum als Gegenstromkanal 20 von keilförmigen, als Umlenkammern 42, 44 dienenden ein- und auslaßseitigen Räumen trennen. In der einlaßseitigen Umlenkammer 42 wird das über die Einlaßöffnung 22 einströmende Medium durch die senkrecht zur Einströmrichtung verlaufenden Trennstege 32 bzw. Kanalabschnitte 45 des an die Umlenkammer 42 angrenzenden Plattenstreifens 15 rechtwinklig umgelenkt. Dabei wird der Medienstrom 26 aufgrund der keilförmigen Verengung der Umlenkammer 42 gleichmäßig auf die Mündungsöffnungen 46 der Kanalabschnitte 45 des Plattenstreifens 14 verteilt und als einzelne Teilströme 48 in den Gegenstromkanal 20 gelenkt. Bei der Durchströmung des Gegenstromkanals 20 sind die Teilströme 48 lediglich im Bereich der Plattenstreifen 15 durch feste Wände voneinander getrennt. Auf der Austrittsseite des Gegenstromkanals 20 werden die durch die Kanalabschnitte 45 des abschließenden Plattenstreifens 14 in die austrittsseitige Umlenkammer 44 eingeleiteten Teilströme 48 unter erneuter Umlenkung um 90° wieder zusammengeführt und durch die Auslaßöffnung 24 in der zur Einströmrichtung gleichen Richtung wieder abgeführt.

Zum Zwecke der Wärmeübertragung wird das zweite, wärmere oder kältere Medium durch die Strömungskanäle 16 der Hohlprofilplatte 12 hindurchgeleitet (Pfeile mit ausgefüllten Spitzen in Fig. 3). Die Durchströmrichtung ist dabei zur Strömung des ersten Mediums im Gegenstromkanal 20 entgegengesetzt, wobei der Wärmedurchgang durch die als Trennwand und Wärmeübertragungsfläche zwischen den Medien dienende Breitseitenwand 18 der Hohlprofilplatte 12 erfolgt. Lediglich im schmalen Bereich der Umlenkammern 42, 44 verlaufen die beiden Medienströme 26, 28 im Kreuzstrom. Dieser Bereich kann jedoch im Verhältnis zur gesamten Wärmeaustauschfläche durch entsprechende Wahl der Strömungskanallänge klein gehalten werden.

Das in Fig. 3a gezeigte Ausführungsbeispiel unterscheidet sich von dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 3 dadurch, daß die Abstandshalter aus mehreren, im Abstand voneinander zwischen den einander zugewandten Breitseitenflächen der Hohlprofilplatten 12 angeordneten, wellenförmig profilierten Plattenstreifen 15' bestehen, die zusammen mit den benachbarten Breitseitenflächen im wesentlichen parallel zu den Trennstegen 32 der Hohlprofilplatten 12 verlaufende Kanalabschnitte 45 bilden. Grundsätzlich ist es möglich, die Abstandshalter auch aus nicht dargestellten, wellenförmig profilierten Platten aus Kunststoff oder Metall auszubilden, die zusammen mit den benachbarten Breitseitenwänden der Hohlprofilplatten eine Vielzahl von parallel zu den Trennstegen 32 der Hohlprofilplatten 12 verlaufenden Strömungskanälen 45 begrenzen.

Bei dem in Fig. 4 dargestellten abgewandelten Ausführungsbeispiel einer Austauschereinheit ist anstelle von mehreren Plattenstreifen 15 ein einziges, parallelogrammförmiges Hohlprofilplattenstück 50 vorgesehen, das mit seinen schrägen Stirnseiten 52, 54 die Umlenkammern 42, 44 begrenzt, und dessen zwischen den Umlenkammern 42, 44 verlaufende Kanäle 56 in ihrer Gesamtheit den Gegenstromkanal 20 bilden. Das Hohlprofilplattenstück 50 weist im wesentlichen dieselbe Grundfläche wie der durch die Plattenstreifen 15 begrenzte Gegenstromkanal 20 auf. Die an den Mündungsöffnungen zu der einlaßseitigen Umlenkammer 42 gebildeten Teilströme werden jedoch in den Kanälen 56 des Hohlprofilplattenstücks 50 ständig durch feste

Wände voneinander getrennt geführt und erfahren daher keine Ablenkung quer zur vorgesehenen Strömungsrichtung. Das Hohlprofilplattenstück 50 vergrößert zwar die Formstabilität des Wärmeaustauschers 10 im Vergleich zu einzelnen Plattenstreifen 15, verschlechtert jedoch aufgrund der durch die Wandstärke seiner Breitseitenwände erhöhten Dicke der Trennwände zwischen den Medien die Wärmeübertragung. Die in Fig. 4 nicht eigens dargestellte Führung der Medien erfolgt nach dem in Fig. 3 gezeigten Prinzip.

Bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 5 bestehen die Abstandshalter 14 aus an den Hohlprofilplatten 12 angeformten bzw. zusammen mit diesen extrudierten, parallel zu den Strömungskanälen 16 verlaufenden Leitrippen 58. Die Leitrippen 58 sind mit gleichem Längsverlauf zueinander über die Höhe der Hohlplatte 12 im Abstand voneinander angeordnet und begrenzen mit ihren Stirnseiten 60 die Mündungsöffnungen 46 zu den Umlenkammern 42, 44. In ihrer Gesamtheit begrenzen die Leitrippen 58 ebenfalls einen parallelogrammförmigen Gegenstromkanal 20, der in einzelne, zwischen den Leitrippen 58 verlaufende Teilkanäle 62 unterteilt ist. Die Strömungsführung erfolgt daher in gleicher Weise wie bei den in Fig. 3 und 4 dargestellten Ausführungsbeispielen. Wie an der obersten Leitrippe 58 veranschaulicht, können Strömungshindernisse 64 an den Leitrippen 58 zur Erzeugung einer turbulenten Strömung angebracht werden, wodurch sich der Wärmeübergang zwischen dem verwirbelten Medium und der Wärmeübertragungsfläche verbessert.

Fig. 6 zeigt ein Ausführungsbeispiel, bei dem die Strömungsführung dahingehend abgewandelt ist, daß beide Medien jeweils durch eine Umlenkammer 42, 44 geleitet und dabei in ihrer Strömung um 90° umgelenkt werden. Für die hohlprofilplattenseitige Strömung wird die Umlenkammer 42 durch ein keilförmiges Plattenendstück 66 gebildet, dessen Kanalzüge 68 gasdicht verschlossen sind und das an die einlaßseitige Stirnseite der Hohlprofilplatte 12 angesetzt ist. Anstelle eines Endstücks 66 kann auch eine keilförmige Ausnehmung in der Platte 12 vorgesehen sein. In der in Fig. 4 gezeigten Ausführungsform ist das Endstück 66 an einem Abstandshalter 14 befestigt, der aus einem rechteckförmigen Plattenabschnitt 70 gebildet ist und unter seitlicher Überdeckung der strömungskanalseitigen Umlenkammer 42 an der Hohlprofilplatte 12 befestigt ist. Der Plattenabschnitt 70 dient seinerseits als Abschluß des Gegenstromkanals 20 und zur geradlinigen Ausleitung der durch diesen hindurchgeführten Medienströmung 28. Die Einlaßseite des Gegenstromkanals 20 wird durch einen parallelogrammförmigen Plattenstreifen 15 begrenzt, der die eintretende Strömung 28 in der anhand des Ausführungsbeispiel nach Fig. 3 beschriebenen Weise rechtwinklig umlenkt.

Alle vorstehend erläuterten Ausführungsbeispiele weisen das gemeinsame Prinzip auf, daß die Medienströme 26, 28 durch die Umlenkung in den Umlenkammern 42, 44 an jeweils verschiedenen Stirnseiten der Austauschereinheit 34 zu- und abgeführt werden können. Auf diese Weise lassen sich die jeweiligen Ein- und Auslaßöffnungen 22, 22', 24, 24' einer einen Wärmeaustauscher 10 bildenden Gruppe von Austauschereinheiten 34 auf einfache Weise gruppenweise gemeinsam mit jeweils einem Anschlußstutzen eines externen Kanals verbinden. Die dargestellten Durchströmrichtungen der Strömungs- bzw. Gegenstromkanäle 16, 20 sind dabei umkehrbar. Insbesondere bei Einsatz des Wärmeaustauschers 10 zur Wärmerückgewinnung aus fortgeleiteter

Raumluft ergeben sich besonders einfache Anschlußmöglichkeiten, indem die zumeist als rechteckige Schächte ausgebildeten externen Kanäle direkt an den Stirnseiten des Plattenstapels 30 angeflanscht werden.

Fig. 7 zeigt den Einsatz des Wärmeaustauschers 10 in einer Klimaanlage 72, die zur Versorgung eines Gebäuderaums 74 mit abgekühlter Außenluft bestimmt ist. Der zu kühlende Außenluftstrom 76 und der eine geringere Temperatur aufweisende Abluftstrom 78 werden an die Einlaßseite des Wärmeaustauschers 10 geleitet. Im Wärmeaustauscher 10 erfolgt ein Wärmeübergang von der Außenluft 76 zur Abluft 78, d. h. die "Restkühle" der Abluft, die bei gewöhnlicher Raumbelüftung nutzlos verloren ginge, kann zur Vorkühlung der Außenluft genutzt werden. Der so gekühlte Außenluftstrom 76 wird durch den Verdampfer 80 eines Kältemittelkreislaufes 82 der Klimaanlage 72 weiter abgekühlt und als Zuluftstrom 84 dem zu klimatisierenden Raum 74 zugeführt. Auf der anderen Seite wird der vom Außenluftstrom 76 innerhalb des Wärmeaustauschers 10 erwärmte, in seiner Temperatur jedoch noch nicht vollständig der Außentemperatur angeglichenen Abluftstrom 78 zur weiteren Kühlung des Kondensators 86 des Kältemittelkreislaufes 82 genutzt und dann erst als Fortluftstrom 88 abgegeben. Zur Beeinflussung des Massenstromverhältnisses zwischen Außenluftstrom 76 und Abluftstrom 78 und damit der Wärmeaustauschleistung des Wärmeaustauschers 10 kann der Abluftstrom 78 über einen mit einer verstellbaren Drosselklappe 89 versehenen Bypasskanal 90 teilweise abgezweigt und als Umluftstrom 92 dem Zuluftstrom 84 beigemischt werden.

Die vorstehend beschriebene Nutzung des Wärmeaustauschers 10 kommt hauptsächlich während der Sommermonate in Frage. Bei niedrigen Außentemperaturen dagegen kann die in der Abluft enthaltene Wärme im Wärmeaustauscher durch Vorwärmung der Außenluft rückgewonnen werden. Der Wärmeübergang erfolgt hierbei also in umgekehrter Richtung. Bei feuchtem Abluftstrom (Luftbefeuchter 94) und starker Abkühlung wird die Sättigungstemperatur erreicht und die in der Abluft enthaltene Feuchtigkeit schlägt sich unter Freigabe der latenten Wärme der Kondensation an den Wärmeübertragungsflächen nieder.

Dadurch wird die weitere Abkühlung der Abluft reduziert, d. h. die Temperaturdifferenz zwischen dem Außen- und Abluftstrom und damit der Wirkungsgrad ist höher als ohne Kondensation. Außerdem ändert der niedergeschlagene Wasserfilm die Grenzflächenbedingungen an den Wärmeübertragungsflächen und verbessert daher den Wärmeübergang.

Die in Fig. 8 dargestellte Kühlereinheit 100 hat prinzipiell den gleichen Aufbau wie die Austauschereinheit der Fig. 3, wobei anstatt der Ein- bzw. Auslaßöffnungen 22 und 24' eine Strömungsumkehrkammer 102 am einen Ende der Kühlereinheit 100 vorgesehen ist, die den aus der Hohlprofilplatte 12 endseitig austretenden Medienstrom in die Gegenstromkanäle 20 umlenkt. Das Medium wird also nach dem Gegenstromprinzip zu sich selbst durch die Kühlereinheit 100 geleitet. Um eine Abkühlung des Mediums zu erwirken, sind dabei eine Anzahl von Wassersprühdüsen 104 in der Strömungsumkehrkammer 102 angeordnet, die den aus der Hohlprofilplatte 12 austretenden Medienstrom 106 befeuchten und dabei eine adiabatische, evaporative Abkühlung des Mediums durch Ausnutzung der Verdampfungsenthalpie des Wassers herbeiführen. Zusätzlich zu den Wassersprühdüsen 104 ist in der Strömungsumkehrkammer 102 ein aus einem natürlichen oder syntheti-

schen Faser-Gewebe bestehendes, von dem Medium durchströmbares Wasserspeicherelement 108 vorgesehen, welches zu einer weiteren Beladung des Medienstroms mit Feuchtigkeit bis hin zu dessen Sättigung führt. Das Wasserspeicherelement 108 wird mittels der Wassersprühdüsen 104 befeuchtet.

Die Wirkungsweise der Kühlereinheit 100 ist wie folgt: Die Einlaßöffnung 22' der Hohlprofilplatte 12 wird mit dem zu kühlenden Medienstrom beaufschlagt, beispielsweise dem (trockenen) Abluftstrom aus einem Gebäuderaum. Dieser gelangt durch die Vielzahl der Strömungskanäle 16 in den Bereich der Strömungsumkehrkammer 102, wo er mittels der Wassersprühdüsen 104 und des Wasserspeicherelements 108 befeuchtet und in die Gegenstromkanäle 20 umgelenkt wird. Das Befeuerten des Medienstroms führt zu einer adiabatischen Abkühlung des Mediums, wobei durch die Verdampfung des Wassers dem Medienstrom Wärme entzogen wird. Dadurch steigt die relative Feuchtigkeit des Mediums an, während seine Temperatur sinkt. Der derart abgekühlte Medienstrom gelangt durch die Gegenstromkanäle 20, wobei über die Wärmeübertragungsfläche 18 ein Wärmeaustausch mit dem Medienstrom in der Hohlprofilplatte 12 stattfindet, so daß ein bereits vorgekühlter Medienstrom in die Strömungsumkehrkammer 102 eintritt. Der Medienstrom in den Gegenstromkanälen 20 nimmt die Wärme ohne wesentliche Temperaturerhöhung überwiegend zum Verdampfen eines Wasserüberschusses auf. Hierbei kann sogar ein die Wärmeübertragungsfläche 18 benetzender Wasserfilm auftreten.

Die Kühlereinheit 100 vereint die direkte evaporative Kühlung mit der indirekten evaporativen Kühlung über die Wärmeübertragungsfläche 18 nach dem Gegenstromprinzip und erreicht dadurch einen hohen Wirkungsgrad.

Der Verdunstungskühler 110 (Fig. 9) besteht analog zu dem Wärmeaustauscher 10 der Fig. 1 aus einer frei vorgebbaren Anzahl von stapelförmig angeordneten Kühlereinheiten 100, wobei sich die Strömungsumkehrkammer 102 über die Gesamtheit der Kühlereinheiten 100 erstreckt. Das zu kühlende Medium wird den Einlaßöffnungen 22' der Hohlprofilplatten 12 mittels eines Gebläses 112 zugeführt und verläßt den Verdunstungskühler 110 über die Auslaßöffnungen 24 der Gegenstromkanäle 20, von wo es über einen Sammel-schacht einer weiteren Verwertung zugeführt werden kann, beispielsweise in einer klimatechnischen Anlage gemäß Fig. 10.

Die Anlage gemäß Fig. 10 dient zur Kühlung des Gebäuderaums 114, wobei der durch die Pfeile mit ausgefüllten Spitzen veranschaulichte, kühle Abluftstrom zur weiteren Abkühlung durch den Verdunstungskühler 110 geleitet wird und nach dem Austritt aus diesem über den Verbindungsschacht 116 dem Wärmeaustauscher 10 zugeführt wird. Der durch die Pfeile mit offenen Spitzen veranschaulichte, warme Zuluftstrom wird im Gegenstrom zu dem gekühlten Abluftstrom unter Abkühlung durch den Wärmeaustauscher 10 mittels des Gebläses 118 in den Raum 114 geleitet, der somit mit trockener und kühler Frischluft versorgt wird.

Der in Fig. 13 gezeigte Wärmeaustauscher 10 weist eine Vielzahl von in alternierender Folge stapelförmig übereinander angeordneten, im Umriss rechteckigen Hohlplatten 12', 12'' auf, die prinzipiell in der in Fig. 11a bis c gezeigten Weise aufgebaut sein können.

Die in Fig. 11a und b gezeigten Hohlplatten 12', 12'' bestehen aus einer ebenen Basisplatte 100 und einer ein-

Zickzack- oder Wellenprofil aufweisenden, breitseitig an zueinander parallelen Kontaktlinien mit der Basisplatte 100 unter Bildung von Strömungskanälen 16', 16'' oder entsprechenden Gegenstromkanälen 20', 20'' verbundenen Profilplatte 102. Die Basisplatte 100 und die Profilplatte 102 können im Sinne der Fig. 12 aus zwei Teilen zusammengesetzt und miteinander verklebt oder verschweißt werden. Sie können jedoch auch einteilig, beispielsweise im Extrusions- oder Strangpreßverfahren hergestellt werden.

Bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 11c besteht die Hohlplatte 12', 12'' aus einer ebenen Basisplatte 100 und einer Vielzahl von über eine Breitseitenfläche der Basisplatte 100 überstehenden, parallel zueinander verlaufenden Leitrippen 104. Die Basisplatte 100 und die Leitrippen 104 werden auch bei diesem Ausführungsbeispiel zweckmäßig als einstückiges Extrusions- oder Strangpreßteil aus Kunststoff oder Metall hergestellt.

Zur Vervollständigung der Austauschereinheiten 12', 12'' werden im Sinne der Fig. 14a bis c die Seitenränder 106 der Basisplatte 100 zur Seite der Profilplatte 102 um 90° abgebogen und so bemessen, daß sie eine der maximalen Profiltiefe der Profilplatte 102 entsprechende Breite aufweisen. Außerdem werden die Profilplatten 102 unter Bildung der Umlenkkammern 42, 44 und der Mündungsöffnungen 46 schräg zugeschnitten. Weiter wird zur Bildung der Ein- und Auslaßöffnungen 22, 24 der Längsseitenrand 106 an der betreffenden Stelle abgetrennt. Die Austauschereinheiten 12', 12'' für die verschiedenen Medien sind durch entsprechenden Querschnitt der Profilplatten 102 an den Mündungsöffnungen 46 mit unterschiedlich ausgerichteten Umlenkkammern 42, 44 sowie Ein- und Auslaßöffnungen 22, 24 versehen. Durch die Profilplatten 102 werden die Strömungskanäle bzw. Gegenstromkanäle einer Austauschereinheit in jeweils zwei Kanalbereiche 16', 16'' bzw. 20', 20'' unterteilt, von denen der Kanalbereich 16', 20' zur Basisplatte 100 des betreffenden Austauscherelements offen ist, während der Kanalbereich 16'', 20'' zur Basisplatte 100 der benachbarten Austauschereinheit offen ist. Die aufeinander gestapelten Hohlplatten 12', 12'' sind an den Fugen ihrer Seitenränder 106 luftdicht verbunden.

Bei den Ausführungsbeispielen nach Fig. 13 bis 16 sind die Strömungskanäle 16', 16'' und die Gegenstromkanäle 20', 20'' eingangsseitig und ausgangsseitig mit je einer Umlenkkammer 42, 44 verbunden, so daß die Ein- und Auslaßöffnungen 22, 24 der sandwichartig übereinander gestapelten Hohlplatten in der Nähe der beiden Stapelenden abwechselnd nach der einen oder anderen Längsseite der Hohlplatten 12', 12'' weisen. Die Zufuhr der beiden Austauschermedien (Pfeile 108 und Doppelpfeile 110) erfolgt parallel von der einen Längsseite des Austauschers her, während die Abfuhr der beiden Austauschermedien ebenfalls parallel auf der anderen Austauscherseite erfolgt. Die hierfür notwendigen Gebläse 112, 114 werden bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 16 durch einen gemeinsamen Motor 116 angetrieben.

Das Ausführungsbeispiel nach Fig. 17 unterscheidet sich von demjenigen nach Fig. 15 dadurch, daß von den ein- und ausgangsseitigen Medienströmen nur drei parallel gerichtet sind, während der vierte Medienstrom senkrecht hierzu ausgerichtet ist. Dies wird durch eine entsprechende Ausbildung der Umlenkkammern 42, 44 innerhalb der Wärmeaustauschereinheiten ermöglicht.

Zusammenfassend ist folgendes festzustellen: Die Erfindung betrifft einen nach dem Gegenstromprinzip

durchströmbaren Wärmeaustauscher 10 für zwei gasförmige Medien unterschiedlicher Temperatur. Der Wärmeaustauscher weist stapelförmig im Abstand voneinander angeordnete Hohlplatten 12 auf, die mit ihren Breitseitenwänden 18 Wärmeübertragungsflächen bilden und von zueinander parallelen Strömungskanälen 16 des einen Mediums durchsetzt werden, während im Bereich zwischen den Hohlplatten 12 Gegenstromkanäle 20 des anderen Mediums verlaufen. Zur Strömungsumlenkung der getrennt voneinander an verschiedenen Stirnseiten des Hohlplattenstapels 30 zu- und abgeführten Medienströme sind Umlenkammern 42, 44 vorgesehen, die an gegenüberliegenden Seiten der Hohlplatten angeordnet sind. Die Hohlplatten 12 sind als extrudierte oder stranggepreßte Hohlprofilplatten aus Kunststoff oder Metall ausgebildet, die eine Vielzahl von die Strömungskanäle (16) begrenzenden, zwischen ihren Breitseitenwänden (18) eingeförmten, zueinander parallelen Trennstegen (32) aufweisen.

Patentansprüche

1. Wärmeaustauscher für zwei oder mehrere, vorzugsweise gasförmige Medien unterschiedlicher Temperatur, mit zwei durch Wärmeübertragungsflächen (18) voneinander getrennten, von den beiden Medien über jeweilige Ein- und Auslaßöffnungen (22, 24, 22', 24') nach dem Gegenstromprinzip durchströmbaren Gruppen von Strömungskanälen (16), mehreren im Abstand voneinander stapelförmig angeordneten, mit ihren Breitseitenwänden (18) die Wärmeübertragungsflächen bildenden, von zueinander parallelen Strömungskanälen (16) des einen Mediums durchsetzten Hohlplatten (12), zwischen den Hohlplatten verlaufenden Gegenstromkanälen (20) des anderen Mediums und zwei an gegenüberliegenden Seiten des Hohlplattenstapels (30) angeordneten, randseitig offenen und an Mündungsöffnungen (46) in die Strömungskanäle (16) oder Gegenstromkanäle (20) mündenden Gruppen von plattenweise voneinander getrennten Umlenkammern (42, 44), die über die Mündungsöffnungen (46) von einem der Medien unter Strömungsumlenkung durchströmbare sind, dadurch gekennzeichnet, daß die Hohlplatten (12) als extrudierte oder stranggepreßte Hohlprofilplatten aus Kunststoff oder Metall ausgebildet sind, die eine Vielzahl von die Strömungskanäle (16) begrenzenden, zwischen ihren Breitseitenwänden (18) angeordneten, zueinander parallelen Trennstegen (32) aufweisen.
2. Wärmeaustauscher nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Hohlprofilplatten (12) aus einem extrudierten Kunststoff der Gruppe Polypropylen, Polyethylen, Polyvinylchlorid, Polystyren, ABS bestehen.
3. Wärmeaustauscher nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Hohlprofilplatten (12) aus einem stranggepreßtem Metall der Gruppe Aluminium, Aluminiumlegierungen bestehen.
4. Wärmeaustauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen einander zugewandten Breitseitenwänden (18) der Hohlprofilplatten (12) Abstandshalter (14; 15, 50, 58, 70) angeordnet sind, welche die Gegenstromkanäle (20) zumindest abschnittsweise begrenzen.
5. Wärmeaustauscher nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Abstandshalter aus mehreren, in Strömungsrichtung im Abstand voneinander

zwischen den einander zugewandten Breitseitenwänden (18) der Hohlprofilplatten (12) angeordneten streifenförmigen Hohlprofilplattenabschnitten (15) bestehen, deren Trennstege (32) im wesentlichen parallel zu den Trennstegen (32) der Hohlprofilplatten verlaufen.

6. Wärmeaustauscher nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die streifenförmigen Hohlprofilplattenabschnitte (15) sich mit ihren quer oder schräg zu ihren Trennstegen (32) verlaufenden Längskanten (36) im wesentlichen über die gesamte Breite der Hohlprofilplatten (12) erstrecken und die Umlenkammern (42, 44) an der Mündungsseite zu den Gegenstromkanälen (20) hin begrenzen.
7. Wärmeaustauscher nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Abstandshalter aus wellenförmig profilierten Platten aus Kunststoff oder Metall bestehen, die zusammen mit den benachbarten Breitseitenwänden der Hohlprofilplatten (12) eine Vielzahl von parallel zu den Trennstegen (32) verlaufende Strömungskanäle (45) begrenzen.
8. Wärmeaustauscher nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Abstandshalter aus mehreren, in Strömungsrichtung im Abstand voneinander zwischen den einander zugewandten Breitseitenflächen (18) der Hohlprofilplatten (12) angeordneten, wellenförmig profilierten Plattenstreifen (15') bestehen, die zusammen mit den benachbarten Breitseitenflächen (18) im wesentlichen parallel zu den Trennstegen (32) der Hohlprofilplatten (12) verlaufende Kanalabschnitte (45) begrenzen.
9. Wärmeaustauscher nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die wellenförmig profilierten Plattenstreifen (15') sich mit ihren quer oder schräg zu den Trennstegen (32) verlaufenden Längskanten (36) im wesentlichen über die gesamte Breite der Hohlprofilplatten (12) erstrecken und die Umlenkammern (42, 44) an der Mündungsseite zu den Gegenstromkanälen (20) hin begrenzen.
10. Wärmeaustauscher nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Abstandshalter (14) aus an den Breitseitenwänden (18) der Hohlprofilplatten (12) angeformten, parallel zu den Strömungskanälen (16) verlaufenden Leitrippen (58) bestehen.
11. Wärmeaustauscher nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Leitrippen (58) mit gleichem Längsversatz zueinander über die Höhe der Hohlprofilplatten (12) im Abstand voneinander angeordnet sind und mit ihren stirnseitigen Enden (60) die Mündungsöffnungen (46) der Umlenkammern (42, 44) begrenzen.
12. Wärmeaustauscher für zwei oder mehrere, vorzugsweise gasförmige Medien unterschiedlicher Temperatur, mit zwei durch Wärmeübertragungsflächen (18) voneinander getrennten, von den beiden Medien über jeweilige Ein- und Auslaßöffnungen (22, 24, 22', 24') nach dem Gegenstromprinzip durchströmbaren Gruppen von Strömungskanälen (16), mehreren im Abstand voneinander stapelförmig angeordneten, mit ihren Breitseitenwänden (18) die Wärmeübertragungsflächen bildenden, von zueinander parallelen Strömungskanälen (16) des einen Mediums durchsetzten Hohlplatten (12, 12', 12''), zwischen den Hohlplatten verlaufenden Gegenstromkanälen (20) des anderen Mediums und zwei an gegenüberliegenden Seiten des Hohlplattenstapels (30) angeordneten, randseitig offenen und an Mündungsöffnungen (46) in die Strömungs-

kanäle (16) oder Gegenstromkanäle (20) mündenden Gruppen von plattenweise voneinander getrennten Umlenkammern (42, 44), die über die Mündungsöffnungen (46) von einem der Medien unter Strömungsumlenkung durchströmbar sind, dadurch gekennzeichnet, daß die Hohlplatten (12', 12'') jeweils aus einer ebenen Basisplatte (100) und einer ein Zickzack- oder Wellenprofil aufweisenden, breitseitig an zueinander parallelen Kontaktlinien mit der Basisplatte (100) unter Bildung der Strömungskanäle (16', 16'') oder Gegenstromkanäle (20', 20'') verbundenen Profilplatte (102) gebildet sind.

13. Wärmeaustauscher nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Basisplatte (100) und die Profilplatte (102) als einstückiges Extrusions- oder Strangpreßteil aus Kunststoff oder Metall ausgebildet sind.

14. Wärmeaustauscher nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Profilplatte (102) und die Basisplatte (100) als getrennte Formteile aus Kunststoff oder Metall ausgebildet sind, die an ihren Kontaktlinien miteinander verklebt oder verschweißt sind.

15. Wärmeaustauscher nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die vorzugsweise rechteckige Basisplatte (100) an ihren Seitenrändern (106) vorzugsweise zur Seite der Profilplatte (102) um etwa 90° abgebogen ist.

16. Wärmeaustauscher nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die abgebogenen Seitenränder (106) der Basisplatte (100) einen der maximalen Profiltiefe der Profilplatte (102) entsprechende Breite aufweisen.

17. Wärmeaustauscher nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, daß die abgebogenen Seitenränder (106) im Bereich der Ein- und Auslaßöffnungen unterbrochen sind.

18. Wärmeaustauscher für zwei oder mehrere, vorzugsweise gasförmige Medien unterschiedlicher Temperatur, mit zwei durch Wärmeübertragungsflächen (18) voneinander getrennten, von den beiden Medien über jeweilige Ein- und Auslaßöffnungen (22, 24, 22', 24') nach dem Gegenstromprinzip durchströmbar Gruppen von Strömungskanälen (16), mehreren im Abstand voneinander stapelförmig angeordneten, mit ihren Breitseitenwänden (18) die Wärmeübertragungsflächen bildenden, von zueinander parallelen Strömungskanälen (16) des einen Mediums durchsetzten Hohlplatten (12', 12''), zwischen den Hohlplatten verlaufenden Gegenstromkanälen (20) des anderen Mediums und zwei an gegenüberliegenden Seiten des Hohlplattenstapels (30) angeordneten, randseitig offenen und an Mündungsöffnungen (46) in die Strömungskanäle (16) oder Gegenstromkanäle (20) mündenden Gruppen von plattenweise voneinander getrennten Umlenkammern (42, 44), die über die Mündungsöffnungen (46) von einem der Medien unter Strömungsumlenkung durchströmbar sind, dadurch gekennzeichnet, daß die Hohlplatten (12', 12'') jeweils aus einer ebenen Basisplatte (100) und einer Vielzahl von über eine Breitseitenfläche der Basisplatte überstehenden, unter seitlicher Begrenzung der Strömungskanäle (16) oder Gegenstromkanäle (20) parallel zueinander verlaufenden Leitrippen (104) gebildet sind.

19. Wärmeaustauscher nach Anspruch 18, dadurch

gekennzeichnet, daß die Basisplatte (100) und die Leitrippen (104) als einstückige Extrusions- oder Strangpreßteile aus Kunststoff oder Metall ausgebildet sind.

20. Wärmeaustauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Umlenkammern (42, 44) gruppenweise über jeweils eine Ein- oder Auslaßöffnung (22, 24) zu entgegengesetzten, parallel zu den Strömungskanälen verlaufenden Stirnseiten des Plattenstapels (30) hin randseitig offen und unter rechtwinkliger Umlenkung der Medienströme (26, 28) durchströmbar sind.

21. Wärmeaustauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Umlenkammern (42, 44) im Umriß keilförmig sind und sich mit zwei an die Ein- bzw. Auslaßöffnung (22, 24) angrenzenden, einen spitzen Winkel einschließenden schmalseitigen Begrenzungsflächen über die gesamte Höhe der Hohlprofilplatten (12) erstrecken.

22. Wärmeaustauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Umlenkammern (42, 44) an einer ihrer schmalseitigen Begrenzungsflächen in die Mündungsöffnungen (46) der Strömungskanäle (16) oder Gegenstromkanäle (20) münden, und daß die andere schmalseitige Begrenzungsfläche durch eine Stirnwand (38) gasdicht verschlossen ist.

23. Wärmeaustauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Gegenstromkanäle (20) ein- und ausströmseitig in jeweils eine der beiden Gruppen von Umlenkammern (42, 44) münden und die Strömungskanäle (16) an Ein- und Auslaßöffnungen (22', 24') auf gegenüberliegenden Stirnseiten des Hohlplattenstapels (30) enden, oder umgekehrt.

24. Wärmeaustauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß die Strömungskanäle (16) eingangsseitig und die Gegenstromkanäle (20) ausgangsseitig mit einer der Gruppen von Umlenkammern (42, 44) verbunden sind, oder umgekehrt.

25. Wärmeaustauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß die Hohlplatten (12) rechteckige, in Richtung der Strömungskanäle (16) langgestreckte, vorzugsweise dünnwandige Breitseitenwände (18) aufweisen.

26. Wärmeaustauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 25, dadurch gekennzeichnet, daß die die Gegenstromkanäle (20) bildenden Zwischenräume zwischen den Hohlplatten (12) an den Stirnseiten des Hohlplattenstapels (30) gasdicht geschlossen sind.

27. Wärmeaustauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß die Strömungskanäle (16', 16'') und die Gegenstromkanäle (20', 20'') eingangsseitig und ausgangsseitig mit je einer der Gruppen von Umlenkammern (42, 44) verbunden sind, und daß die Ein- und Auslaßöffnungen (22, 24, 22', 24') der sandwichartig übereinander gestapelten Hohlplatten (12', 12'') in der Nähe der beiden Stapelenden abwechselnd nach entgegengesetzten Längsseiten der Hohlplatten (12', 12'') weisen.

28. Wärmeaustauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 27, dadurch gekennzeichnet, daß die Strömungskanäle (16) eingangsseitig und ausgangsseitig mit einer der Gruppen von Umlenkammern

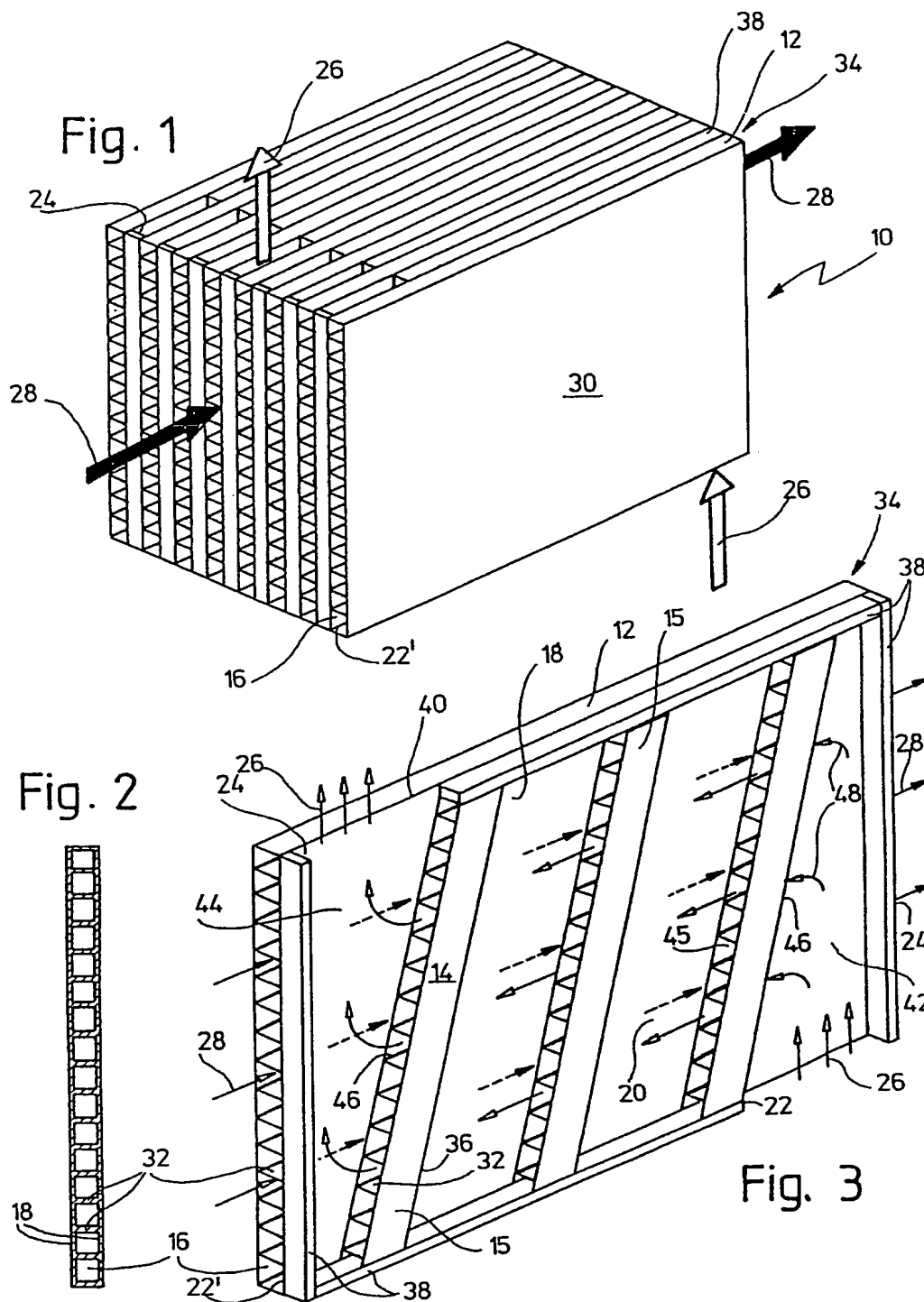
- (42, 44) verbunden sind, daß die Gegenstromkanäle (20) nur ein- oder ausgangsseitig mit einer der Gruppen von Umlenkammern verbunden sind und daß die Einlaß- und Auslaßöffnungen (22, 24, 22', 24') der sandwichartig übereinander gestapelten Hohlplatten (12', 12'') nur an einem Stapelende abwechselnd nach entgegengesetzten Längsseiten der Hohlplatten weisen. 5
29. Wärmeaustauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 28, gekennzeichnet durch in den Strömungskanälen (16) und/oder Gegenstromkanälen (20) angeordnete Strömungshindernisse (64) zur Erzeugung einer turbulenten Strömung. 10
30. Wärmeaustauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 29, dadurch gekennzeichnet, daß die Strömungskanäle (16) und die Gegenstromkanäle (18) eines Hohlprofilplattenpaares oder -stapels im Bereich einer ihrer Mündungsöffnungen (46) unter Bildung einer Strömungsumkehrkammer (102) miteinander kommunizieren. 15
31. Wärmeaustauscher nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, daß die Strömungsumkehrkammer (102) mit Wasser beaufschlagbar ist. 20
32. Wärmeaustauscher nach Anspruch 30 oder 31, dadurch gekennzeichnet, daß in der Strömungsumkehrkammer ein von dem Medium durchströmbares Wasserspeicherelement (108) angeordnet ist. 25
33. Wärmeaustauscher nach Anspruch 32, dadurch gekennzeichnet, daß das Wasserspeicherelement (108) aus einem Fasergewebe oder einem Faserservlies besteht. 30
34. Wärmeaustauscher nach Anspruch 33, dadurch gekennzeichnet, daß das Fasergewebe oder Faserservlies aus textilem Fasermaterial besteht.
35. Verwendung eines Wärmeaustauschers nach einem der Ansprüche 1 bis 34 in klimatechnischen Anlagen (72) zur Erwärmung oder Abkühlung eines zugeführten Außenluftstroms (76) unter Ausnutzung des Wärmeinhalts eines Abluftstroms (78). 35
36. Verwendung nach Anspruch 35, wobei der Außenluftstrom (76) oder Abluftstrom (78) unter Ausnutzung der Verdampfungsenthalpie einer leicht verdunstenden Kühlflüssigkeit, insbesondere Wasser, zusätzlich gekühlt wird. 40
37. Verwendung nach Anspruch 35 oder 36 in Kombination mit einem Verdampfer (80) und einem Kondensator (86) einer Klimaanlage (72), wobei der Außenluftstrom (76) durch den Verdampfer (80) und der Kondensator (86) durch den Fortluftstrom (88) zusätzlich gekühlt wird. 45
38. Verwendung nach einem der Ansprüche 35 bis 37, dadurch gekennzeichnet, daß der Durchsatz des Außenluftstrom (76) durch Beimischung eines vom Abluftstrom (78) abgezweigten und dem Zuluftstrom (84) zugemischten Umluftstroms (92) eingestellt wird. 50 55

Hierzu 11 Seite(n) Zeichnungen

60

65

- Leerseite -



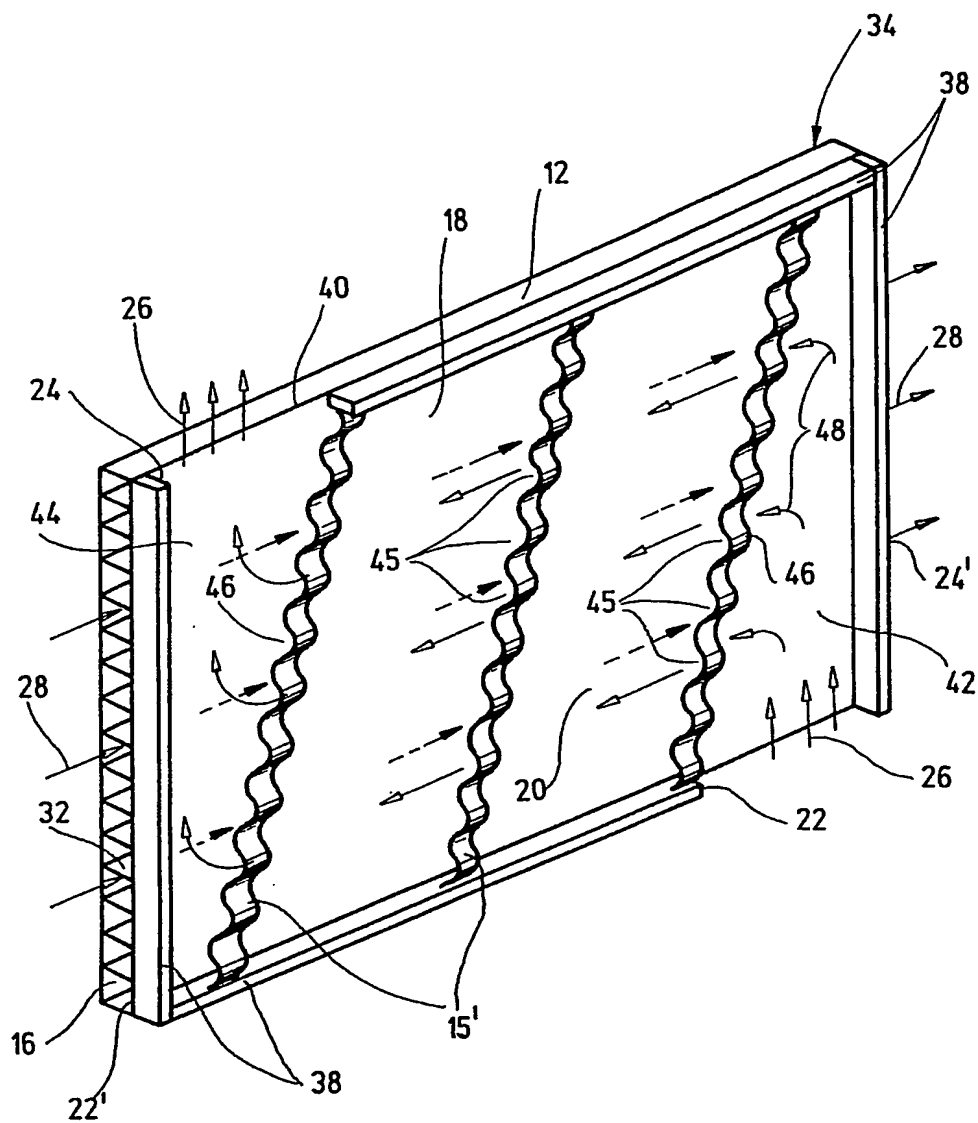


Fig. 3a

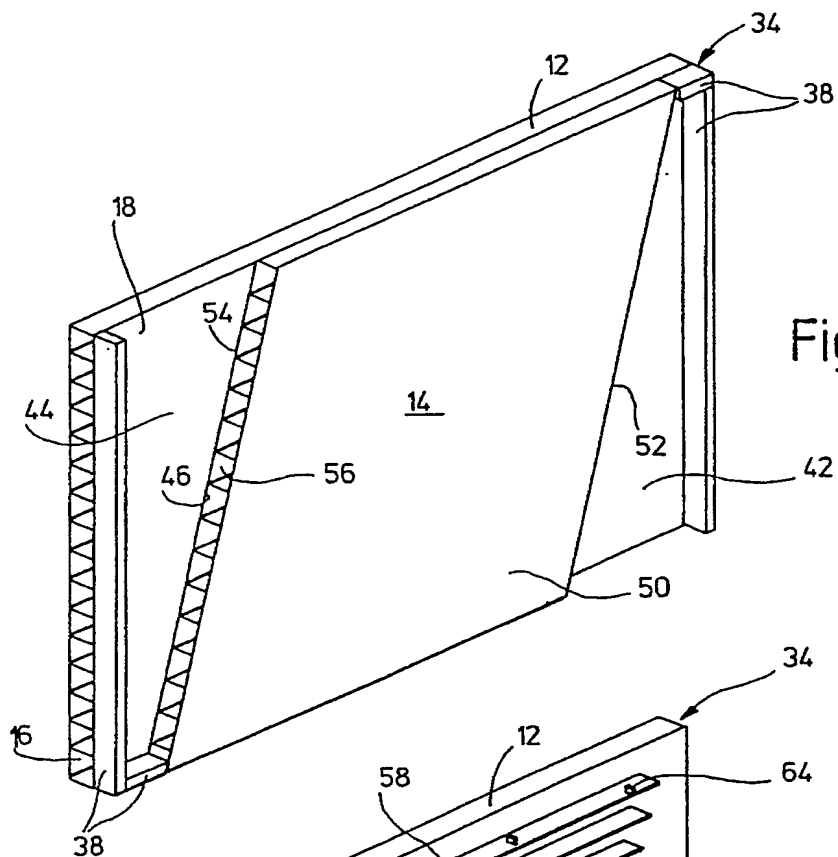


Fig. 4

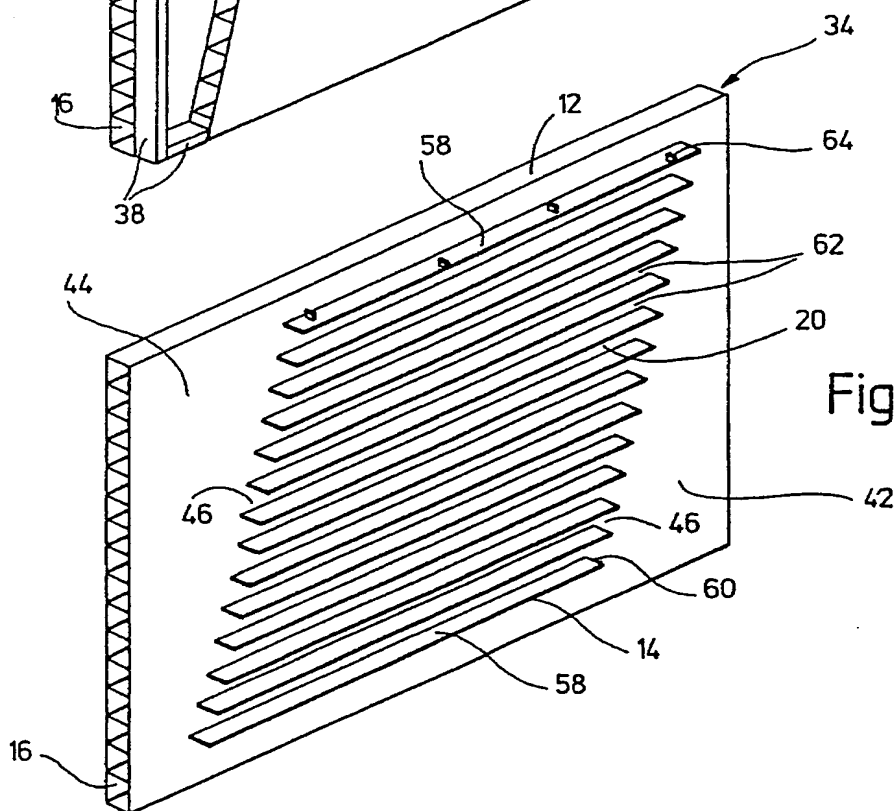
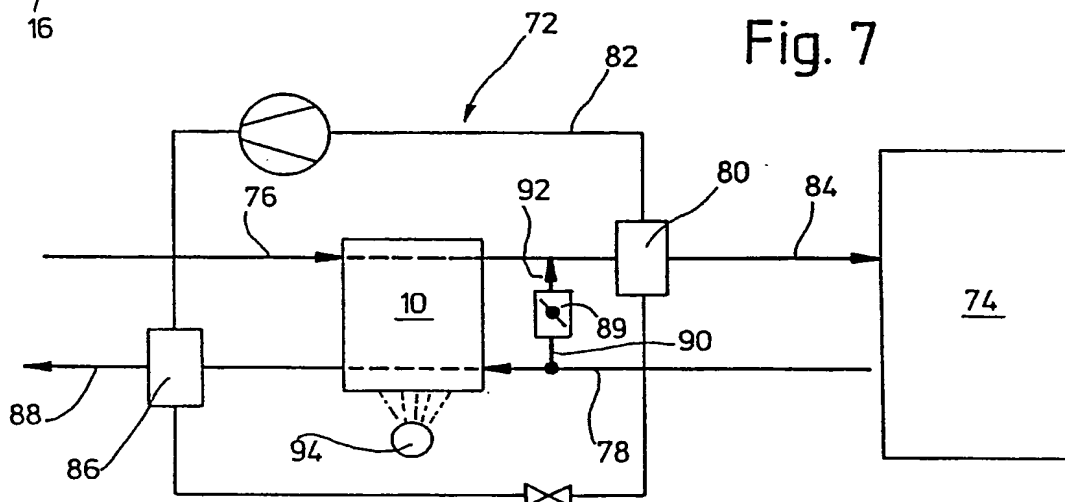
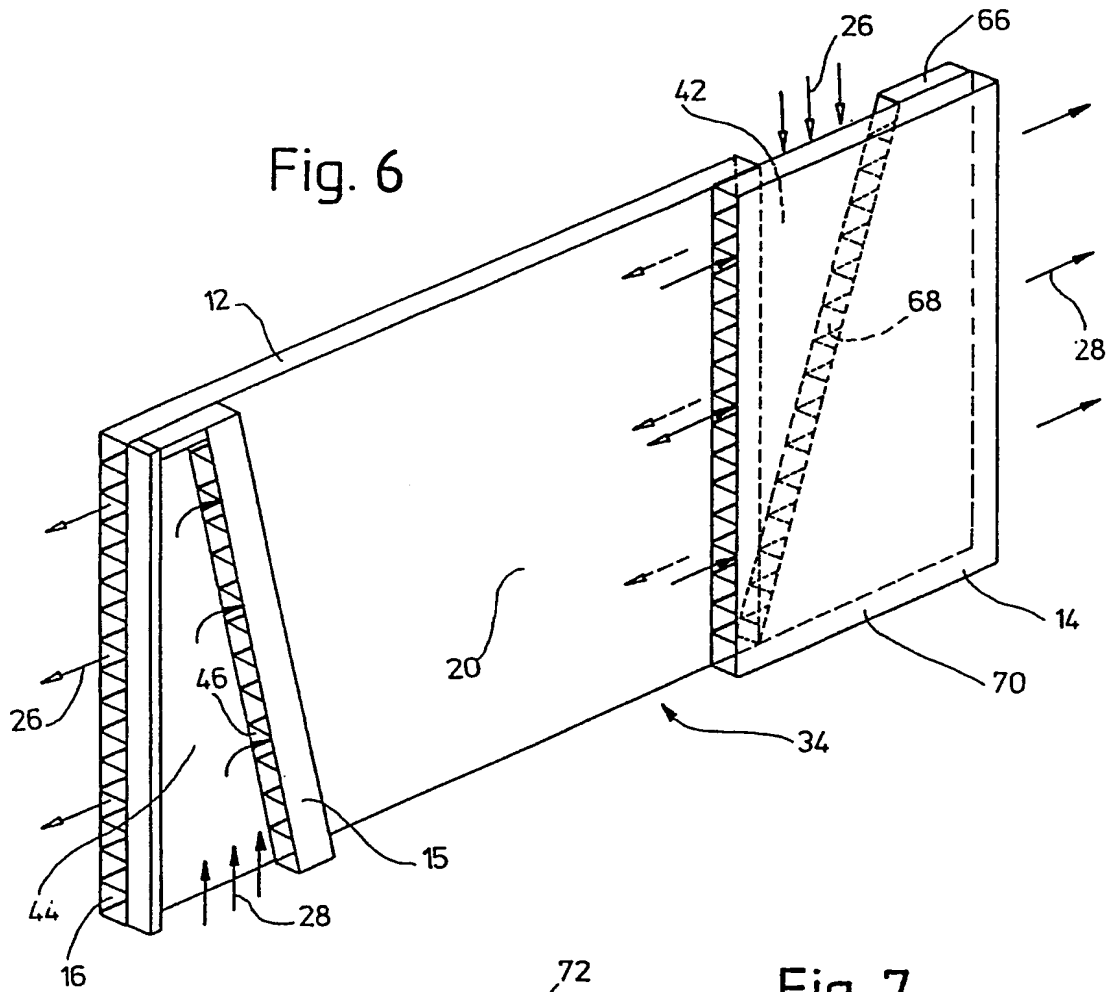


Fig. 5



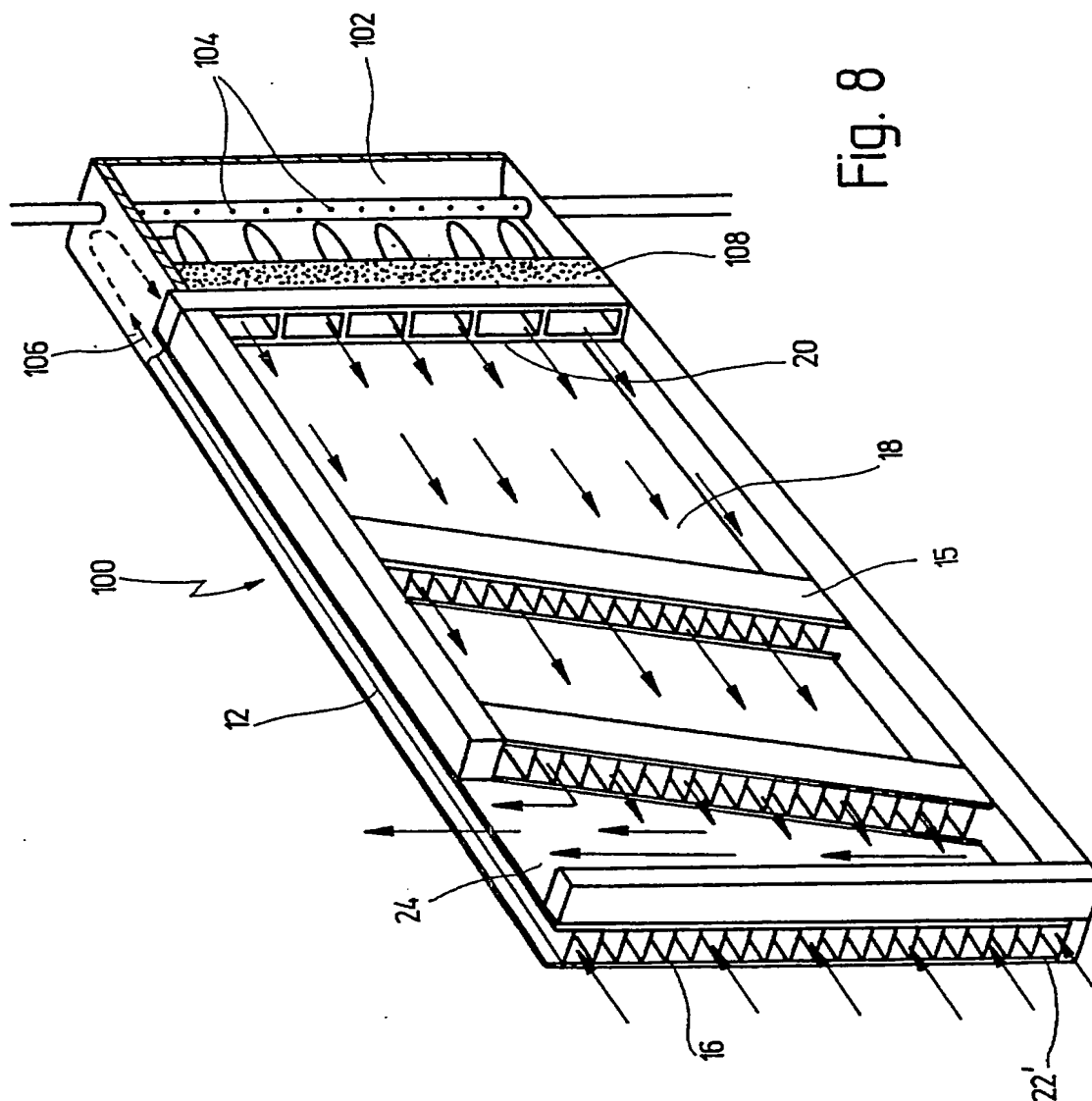


Fig. 8

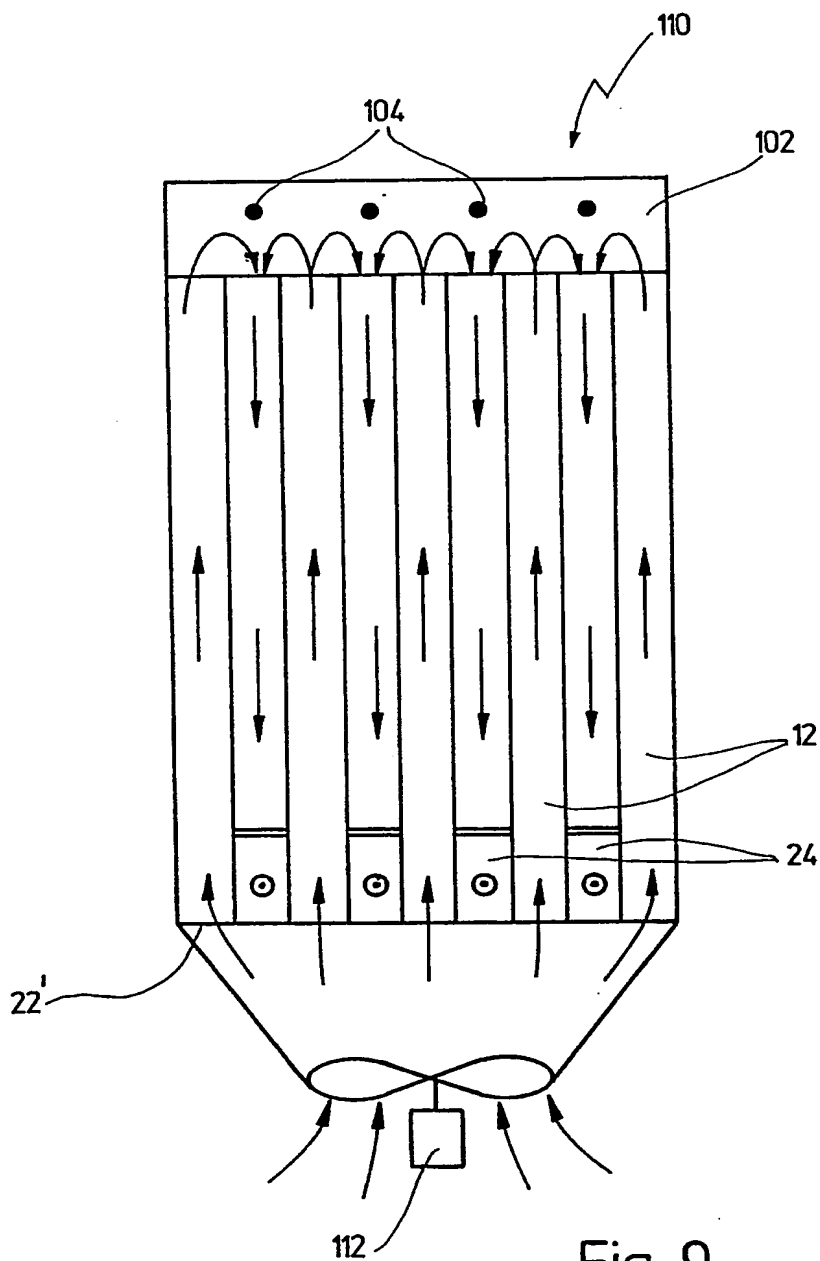


Fig. 9

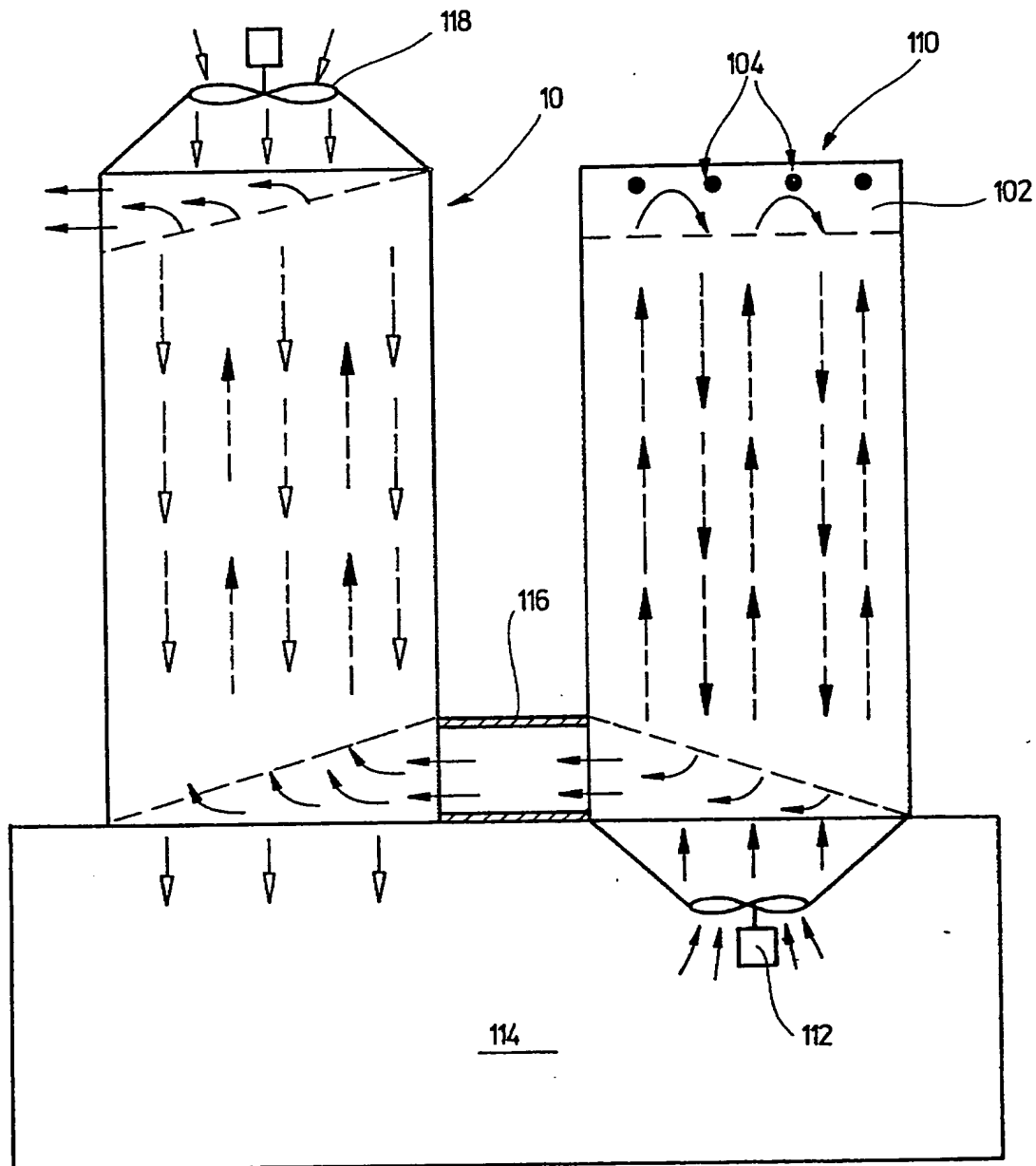


Fig. 10

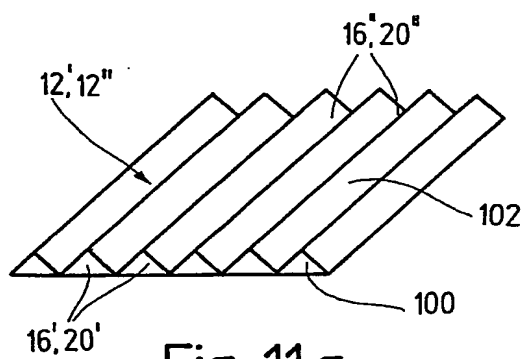


Fig. 11a

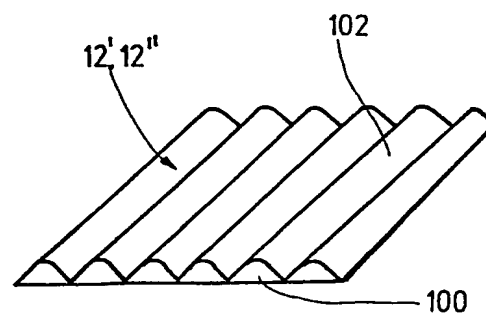


Fig. 11b

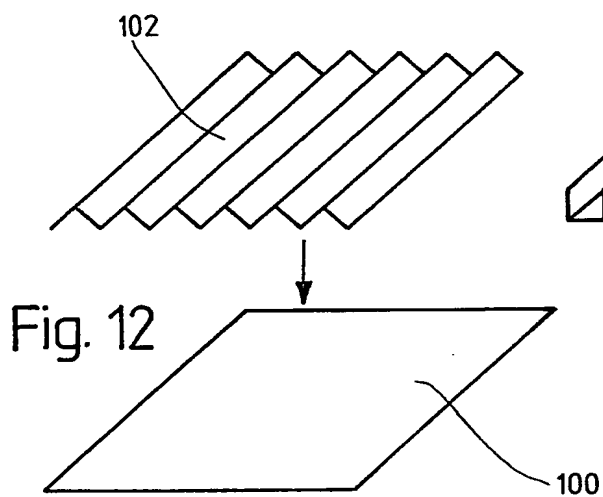


Fig. 12

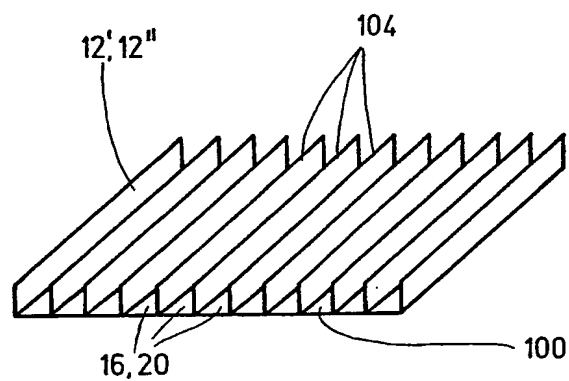


Fig. 11c

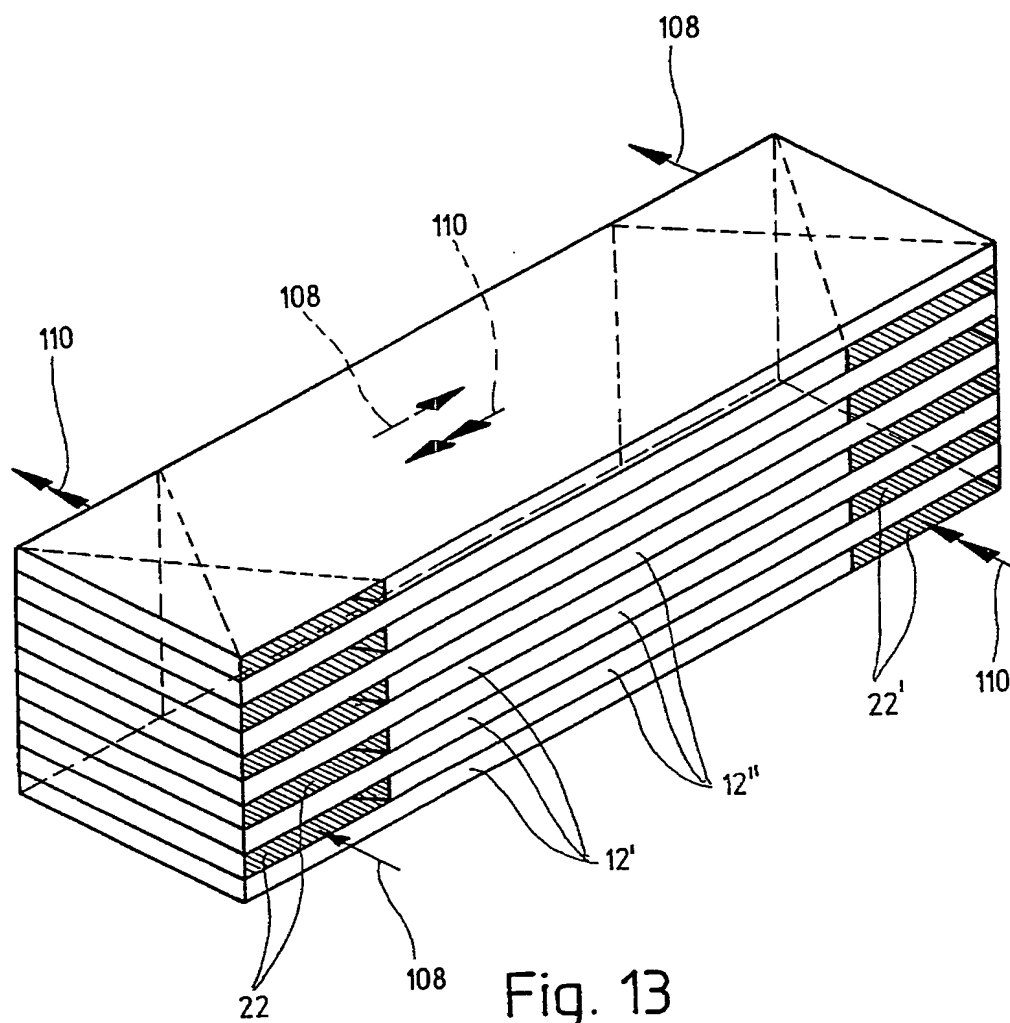
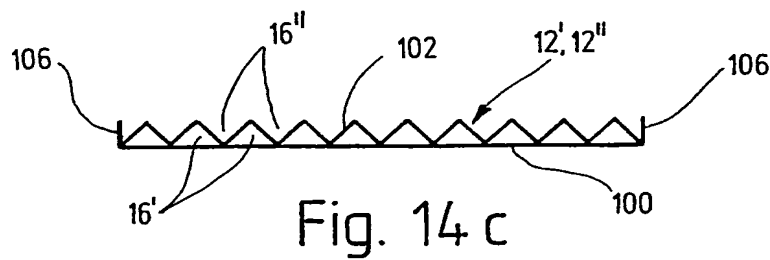
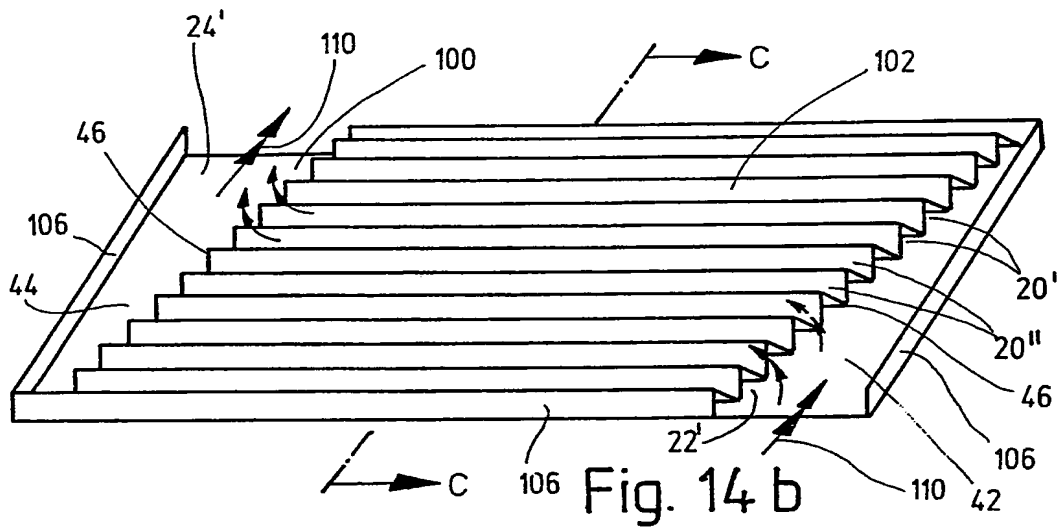
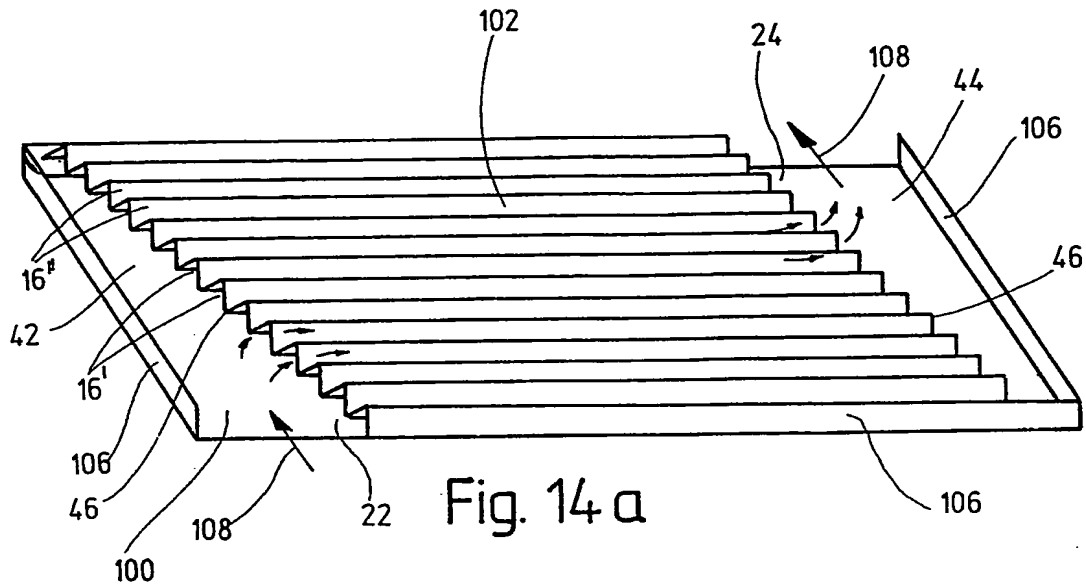


Fig. 13



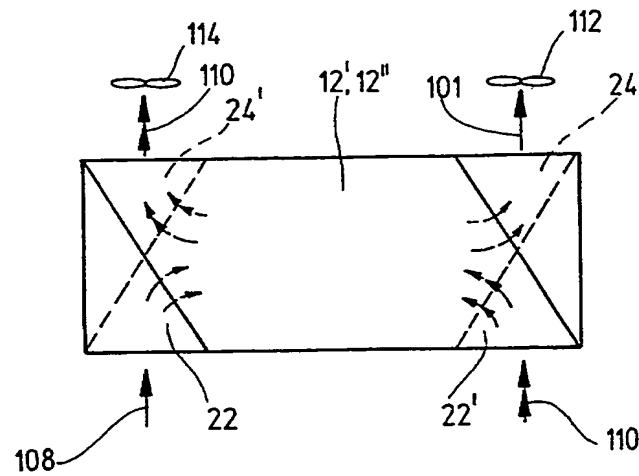


Fig. 15

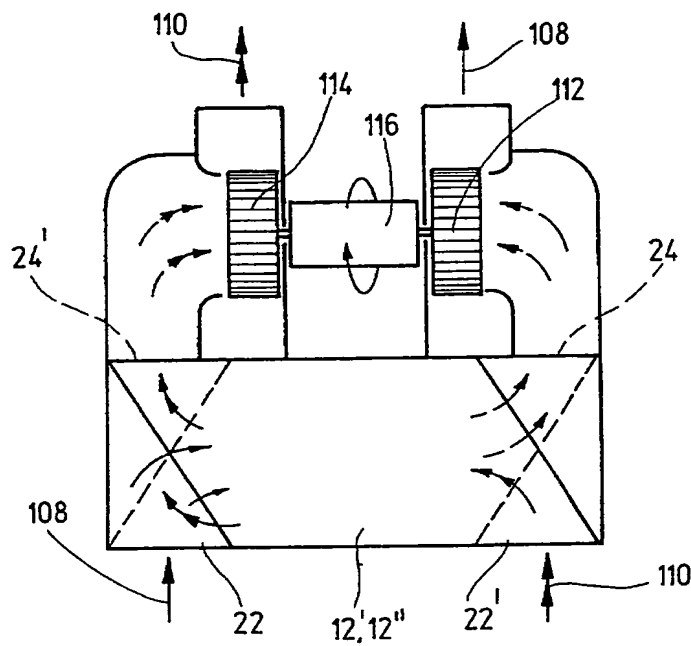


Fig. 16

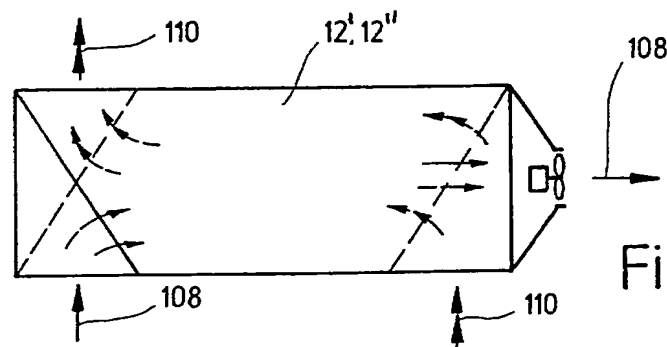


Fig. 17